مكتبة الأسرة

مهرجان القراءة للجميع ٢٠٠٣

أسلحة الدمار الشامل

د. محمد زكى عويس



الأعمال العلمية

أسلحة الدمار الشامل

أسلحة الدمار الشامل

أ.د. محمد زكى عويس



مهرجان القراءة للجميع ٢٠٠٣

مكتبة الأسرة

برعاية السيدة سوزان مبارك

(سلسلة الأعمال العلمية)

أسلحة الدمار الشامل

أ. د. محمد زكى عويس

طبعة خاصة: الناشر دار العين للنشر

تصميم الغلاف
والإشراف الفنى:
للفنان : محمود الهندى

الإخراج الفنى والتنفيذ:
صبرى عبدالواحد

الإشراف الطباعى:
محمود عبدالمجيد

المشرف العام :
د. سمير سرحان

الجهات المشاركة :

جمعية الرعاية المتكاملة المركزية

وزارة الثقافة

وزارة الإعلام

وزارة التربية والتعليم

وزارة التنمية المحلية

وزارة الشباب

التنفيذ : هيئة الكتاب

على سبيل التقديم:

لا سبيل أمامنا للتقدم والرقى وملاحقة العصر إلاّ بالمزيد من المعرفة الإنسانية.. نور يهدينا إلى الطريق الصحيح، ولأن مكتبة الأسرة أصبحت أهم زهور حدائق المعرفة نتنسم عطرها ربيعًا للثقافة المصرية الأصيلة.. فإننا قطعنا على أنفسنا عهدًا ووعدًا ليس لنا إلا الوفاء به لتثمر شجرة المعرفة عطاءً للأسرة المصرية.

د.سمير سرحان

إهـــداء

إلى كل من يعمل على نشر

السلام في الأرض وتوفير الأمن لأبنائها

محمد زكي عويس

تمهيد

تمثل أسلحة الدمار الشامل أحد الأمثلة على التكنولوجيات الخطرة التي صنعها الإنسان خلال القرن العشرين المنصرم . فهذه الأسلحة تشكل قضية قائمة دوماً ، وستبقى كذلك إلى حين تنتهي الصراعات بين البشر. وهي تتصف بأهمية وخطورة كبيرتين في آن ، لاتصالها بالأمن والعلم والتنمية والتلوث ومصير الأنظمة السياسية.

فعلى الرغم من إمكانية قتل ملايين من الناس بأسلحة تكنولوجية تقليدية (أو حتى باستخدام رصاص البنادق أو الخناجر) ، إلا أن أسلحة الدمار الشامل بأنواعها الثلاثة النووية والكيميائية والجرثومية تكون مختلفة لقدراتها على قتل أعداد هائلة من الناس باستعمال قنبلة وحيدة. على سبيل المثال، القنبلة الذرية بالمقارنة بحجمها ووزنها لها القدرة على التدمير والهلاك حتى بعد تفجيرها ويبقى تأثيرها لسنوات طويلة. ومازال المواطنون في مدينتي هيروشيما ونكازاكي اليابانيتين يعانون ولعقود طويلة تأثير الهجوم النووي الأمريكي المباغت عليهما أثناء الحرب العالمية الثانية . كما أن الأسلحة الكيميائية ومن

أهمها غاز الأعصاب تسبب القتل لآلاف بل الملايين من المواطنين. وأيضاً الأسلحة البيولوجية (الجرثومية) التي تطلق الميكروبات والجراثيم والفيروسات، هذه الجراثيم الفتاكة تتكاثر بسرعة مذهلة وتسبب أمراضاً مميتة، وتبقى الجراثيم في الوسط مدة طويلة ولديها القدرة على مهاجمة المواطنين وانتشار العدوى بينهم، ويصعب التغلب على هذه الأمراض بوسائل الطب الحديثة .

أما في مجال التكنولوجيا الحيوية، فقد أعلن الخبراء مؤخراً عن إمكانية إنتاج نسخ غير تقليدية من الباثوجينات (مسببات الأمراض) بوسائل الهندسة الوراثية وبأشكال جديدة . أما الأسلحة الإشعاعية فحدث بلا حرج ، فهي تعتبر أولاد عمومة للأسلحة النووية، ولديها القدرة على القتل دون أي تفجير نووي ، وذلك عن طريق انتشار المواد ذوات النشاط الإشعاعي . هذا الإشعاع المدمر يلوث مساحات كبيرة من الأرض ويستمر في القتل والهلاك لقرون طويلة . فجميع الدول التي تمتلك محطات الطاقة النووية أو تخزن النفايات النووية بأرضها تعاني من وجود "عدو" يتمثل بالأسلحة الإشعاعية على أرضها وفي تربتها . كما يمكن لأي جيش أو ميليشيا إرهابية

شن هجوم مباغت على هذه المحطات النووية مخلفاً كميات هائلة من الأشعة الخطيرة .

وهناك بالطبع أسلحة دمار شامل غير تقليدية يمكن بواسطتها تقليب الطبيعة وإثارة العواصف المدمرة والزلازل . وبالفعل بدأت منذ عام ١٩٦٠م أبحاث علمية مكثفة على استخدام تفجير نووي في أعماق البحار بغرض توليد موجات الجزر والمد القاتلة . وكذلك توجد الآن أسلحة دمار شامل أخرى ، متمثلة في التوظيف العدواني للهندسة الوراثية الذي يسمى "الأسلحة العرقية". هذه الأسلحة تقوم بمهاجمة البشر استناداً على الفروق الوراثية بين مختلف الشعوب والأعراق البشرية وهو موضوع خلافي أهم ما فيه النية السيئة للإيذاء بصرف النظر عن إمكانية القيام بهذا الإيذاء من عدمه .

وفي هذا الخصوص ، لا يمكن تحميل العلم مسئوليته عن نشوء الأسلحة المدمرة . فالعلم بمفهومة المحايد يعمل وفق منطقه ومناهجه والحقائق التي يتوصل إليها – أما توجيهه إلى هذا الهدف أو ذاك فشأن يعود إلى أصحاب القرار السياسي ومطمحهم . وبلا شك هناك توجيه للعقل البشري للإبداع لمثل

هذه الأغراض المظلمة التي تضيف قدرات لا يتخيلها المرء لإفناء البشرية تضاف إلى قائمة التحدي . .

وتؤدي أسلحة الدمار الشامل دوراً كبيراً في التنمية لكنه مدمر وقاتل كما هي طبيعتها. فإذا استعملت، تلحق هذه الأسلحة أضراراً في الأرواح والممتلكات لا تعوض وتطول المقصود وغير المقصود بالتدمير. وقد أثبت ذلك تجارب كثيرة، فليست تأكل من الحصص المالية المخصصة لتطوير الاقتصاد بفروعه المختلفة ، كما لمؤسسات التربية والتعليم والرعاية الاجتماعية والصحية! ألم تؤد مصانع الأسلحة والصواريخ والمفاعلات النووية إلى إبطاء النمو الاقتصادي لدول كثيرة؟

وفيما يخص التلوث هناك بالطبع كلام يبدأ ولا ينتهي ، فالأسلحة المدمرة بأنواعها تحتاج إلى عناية ورعاية عظيمتين ، قد تتخطيان طاقة بعض من يحوزها ، فحتى تفكيكها يحتاج إلى موازنات ضخمة قد تفوق طاقة بعض الدول .

وليس من سبيل إلى تجاهل علاقة مبدأ التدمير الشامل بالسياسة ، فالأسلحة المعنية كانت في أحسن الأحوال وسيلة ردع ، وفي أسوئها وسيلة هجومية (وفي أحيان معدودة) . وفي

جميع الأحوال كانت أداة لرفع شأن دولة معينة أمام خصومها . غير أن خبرة ما بعد الحرب الباردة أثبتت أن المصير الاستراتيجي لأي نظام سياسي يتوقف على طبيعته وعلى درجة تحقيقه انسجاماً اجتماعياً . ومما لا شك فيه أن العالم يدرك مخاطر أسلحة الدمار الشامل وأن الاتجاه العام هو التخلي عنها وأن كان بطيئاً . وفي هذا الميل يستعيد العلم بعضاً من استقلاله عن السياسة ليصب المزيد من البحث في مشكلات الإنسان التنموية والصحية والتعليمية والتربوية التي كانت أحد منابع الحروب والشرور التي ابتلت بها البشرية ومازالت .

وفي الفترة الأخيرة تصدرت قضية انتشار أسلحة الدمار الشامل اهتمام دول العالم خاصة بعد تجديد معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية ، وإجراء الهند لخمس تجارب نووية والرد الباكستاني عليها بإجراء ست تجارب نووية . وكذلك إعلان كوريا الشمالية تجديد برنامجها النووي بغرض إنتاج القنابل النووية .

وعندما نطالع الاتفاقية الدولية بشأن تحديد القدرات النووية نجد أنها تمثل نوعا من عقود الإذعان التي تضمن بها الدول التي تملك هذه القدرة استمرار سيطرتها على العالم ، بينما يبقى

الضعفاء في هذا العالم ضعفاء إلي الأبد . وبالرغم من دعوة القيادة السياسية في مصر منذ عام ١٩٩٤م بضرورة إخلاء منطقة الشرق الأوسط من أسلحة الدمار الشامل خاصة السلاح النووي نرى التعنت الإسرائيلي الذي يملك عدد كبير من الرؤوس النووية التي تشكل خطر على الأمن القومي العربي وسبل إحلال السلام العادل في المنطقة . وقد أصبح من الصعب قبول هذا المنطق في عالم اليوم الذي تحركت فيه الشعوب لتنال حريتها وتحافظ على كرامتها .

وحالياً يزداد الموقف تعقيداً بعد أن قامت الدول المالكة لهذه التكنولوجيا بتسريبها لدول حليفة لها لتستخدمها في إيقاع الظلم على دول أخرى ليست حليفة . وبالتالي أصبحت القدرة النووية أداة إرهاب وظلم وتعد وعلى الرغم من أن معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية تنص على ضرورة معاونة الدول النامية في الاستخدام السلمي للطاقة النووية ، فإن الواقع يؤكد أن عالم الشمال المتقدم يتعامل مع هذه المعاهدة من واقع مصلحته فقط . فنرى على سبيل المثال انه يتغاضى عن إسرائيل وهي تطور أسلحتها النووية ويمنع بحسم وصول التقنيات المتطورة للعالم العربي والإسلامي . بل وبادر إلي فرض عقوبات اقتصادية

على الدول التي تحاول بناء قدراتها الذاتية في مجال الطاقة النووية دون تفهم الدوافع التي أدت إلى ذلك .

وتعتبر الاستفادة من الطاقة النووية موضوعا حتميا ومصيريا للشعوب العربية . ليس فقط لحاجتنا الملحة للطاقة الكهربية وتحلية مياه البحر . ولكنها تعتبر الوسيلة المؤكدة للارتقاء بمستوى التطبيق التكنولوجي في مجالات الصناعة والزراعة والصحة والبحث العلمي إلي غير ذلك .

ونظراً لأن موضوع أسلحة المار الشامل يمس قطاعات كبيرة من شعبنا العربي المعرض للخطر الداهم ، فيتناول هذا الكتاب الحقائق العلمية والخلفية المعرفية لهذه الأسلحة الفتاكة ومناقشة قضايا التكاثر النووي والإشعاع النووي وطرق الوقاية منه . كذلك القضايا المتعلقة بالنفايات النووية . وسوف نلقي الضوء على إنتاج فيروس "الانتراكس" كسلاح جرثومي فتاك وكيفية الوقاية منه في إطار معالجة علمية شاملة للأسلحة الكيميائية والجرثومية .

ولعل نشر هذا الكتاب يعود بالفائدة العلمية التي توضح المخاطر والمحاذير في مجال أسلحة الدمار الشامل . ويمثل

سطراً واعياً في الدعوة الإنسانية للتخلص من كل أشكالها في المستقبل حتى نعيش في عالم أكثر أمناً وطمأنينة .

المؤلف

فهرس

الفصل الأول

مارد أطلقناه من عقاله

مُقَدِّمَة

في هذا الفصل نقدم بشكل مبسط خلفية فيزيائية لتكوين المادة والقوى الكامنة فيها التي أدى فهمنا لها إلى إطلاقها من عقالها عن طريق الانشطار النووي وتفجير الطاقات الهائلة والتي أدت إلى صناعة الأسلحة النووية والذرية .

خلال رحلة البحث عن العناصر الموجودة في الطبيعة أكتشف العلماء حوالي أثنين وتسعين عنصراً . تبدأ بعنصر الهيدروجين الذي يعتبر أخف العناصر وتنتهي بعنصر اليورانيوم وهو أثقل العناصر . ونذكر من العناصر الطبيعية الأخرى الهليوم والكربون والأكسجين والنيون والكربتون والصوديوم والألومنيوم والكبريت والحديد والنحاس والفضة والذهب والرصاص . ومن المعروف أن جميع المواد على الأرض تتكون من تركيبات مختلفة من هذه العناصر . وتتحد العناصر بعضها البعض وينشأ ما يعرف بالمركبات مثل اتحاد الهيدروجين بالأكسجين الذي ينتج عنه المركب الكيميائي المعروف باسم "الماء" . وقد تتواجد العناصر والمركبات على

صورة مخلوط مثل الهواء الذي يعتبر مخلوطاً مكوناً أساساً من عنصري الأكسجين والنيتروجين كما يحتوي على بخار الماء وثاني أكسيد الكربون . وفي بدايات القرن العشرين المنصرم، عرف الإنسان أن جميع العناصر المتواجدة في الطبيعة أو التي يمكن تخليقها صناعياً، تتكون من ذرات منفردة أو في مجموعات مترابطة تسمى الجزيئات . على سبيل المثال يتكون غاز الهليوم من ملايين ذرات الهليوم المنفردة . أما غاز الأكسجين فيتكون من ملايين الجزيئات، وكل جزئ يتكون من ذرتين من الأكسجين . والمركبات تتكون أيضاً من جزيئات وكل منها يتكون من مجموعات من ذرات عناصر مختلفة، مثل مركب غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتكون من ملايين الجزيئات وكل جزئ يتكون من ذرة كربون وذرتي أكسجين .

التركيب الذري :

تستطيع أن تتخيل أيها القارئ الحجم متناه الصغر للذرة، إذا علمت أن جراماً واحداً من عنصر الهيدروجين يحتوي على عدد ٦٠٠ ألف تريليون (أي رقم ستة وعلى يمينه ثلاثة وعشرين صفراً) ذرة هيدروجين . والجرام الواحد من عنصر اليورانيوم يحتوي على عدد ٢٥٠٠ تريليون ذرة يورانيوم .

وقد أكتشف العلماء أن هذه الذرات الدقيقة ليست أصغر مكونات المادة ، بل تم اكتشاف العديد من الجسيمات الأولية دون الذرية يزيد عددها الآن على مائة جسيم يدخل بعضها في

تركيب الذرة ، وبعضها الأخر يتواجد في التفاعلات داخل الذرة نفسها أو بين الذرات المختلفة . كما يوجد بعضها في الأشعة الكونية، ولا تزال عملية البحث عن اكتشاف جسيمات أولية جديدة مستمرة . وأحياناً يتم افتراض وجود هذه الجسيمات الأولية نظرياً قبل أن يتم اكتشافها عملياً وتصبح حقيقة واقعة .

والجدير بالذكر أن ذرات العناصر المختلفة تتكون من ثلاثة جسيمات دون ذرية هي : الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات . وقد أظهرت الأبحاث في مجال الفيزياء والطاقة العالية باستخدام ما يسمى "بالمعجلات" في حقبة الستينات أنه حتى البروتونات والنيوترونات ليست جسيمات أساسية إنما هي جسيمات مركبة تتكون من جسيمات أولية أخرى عرفت باسم "الكواركات" . وهكذا كلما تقدمت أجهزة الكشف والتحليل اكتشفنا أن ما كنا نعتبره أصغر مكونات المادة، يوجد اليوم ما هو أصغر منه .

وكما بتصور العلماء فإن الصورة التي نعرفها هي أن الذرة تتكون من نواة يتركز فيها تقريباً كتلة الذرة ويدور من حولها جسيمات دقيقة ذات شحنات سالبة تسمى "إلكترونات" . وتتكون نواة الذرة من جسيمات مترابطة من البروتونات والنيوترونات . والبروتون له شحنة كهربية موجبة مساوية في المقدار لشحنة الإلكترون وتبلغ ١و٦ *١٠$^{-١٩}$ كولوم ، أما النيوترون فهو متعادل كهربياً . وتبلغ كتلة البروتون ١و٦٧*١٠$^{-٢٧}$ كيلو جرام

وهي مساوية لكتلة النيوترون وتعادل ١٨٤٠ من مقدار كتلة الإلكترون التي تساوي ١و٩*$١٠^{-٣١}$ كيلوجرام . على سبيل المثال، تتكون ذرة الهيدروجين من نواة بها بروتون واحد ويدور حولها إلكترون واحد . وذرة الهليوم تتكون من نواة بها اثنان من البروتونات والنيوترونات، ويدور حولها اثنان من الإلكترونات . أما ذرة الأكسجين فتتكون من نواة بها ثماني بروتونات وثماني نيوترونات ويدور حولها ثماني من الإلكترونات . ولنا أن نتخيل كم يبلغ حجم الذرة، لقد تبين أن قطر الذرة يبلغ جزء من مائة مليون جزء من السنتيمتر . وهو ما يطلق عليه واحد أنجستروم بمقياس وحدات الطول الذرية . أما قطر نواة الذرة فهو يقل في حدود مائة ألف مرة عن قطر الذرة، حيث يبلغ جزء من عشرة بلايين جزء من السنتيمتر (أي جزء من عشرة بلايين جزء من السنتيمتر) وهو ما يطلق عليه العلماء وحدة "واحد فيرمي" بمقياس وحدات الطول النووي . وبناء على ما تقدم فإن الذرة تتكون من نواة تتركز فيها معظم وزن الذرة وتدور حولها الإلكترونات في مدارات محددة يبلغ قطرها حوالي ألف مرة من قطر النواة، أي أن معظم محتويات الذرة فضاءاً خالياً .

النظائر :

تتميز نواة ذرة كل عنصر بعدد محدد من البروتونات وبالتالي تتميز ذرة نفس العنصر بعدد محدد من الإلكترونات

مساو لعدد البروتونات بها . على سبيل المثال، تحتوي نواة الهيدروجين على بروتون واحد ونواة ذرة الهليوم تحتوي على بروتونين ونواة عنصر الليثيوم على ثلاثة بروتونات ونواة الأكسجين على ثماني بروتونات والحديد ٢٦ بروتوناً والنحاس ٢٩ بروتوناً والفضة ٤٧ بروتوناً والذهب ٧٩ برتوناً والرصاص ٨٢ بروتوناً وهكذا حتى نصل إلى أثقل العناصر وهو اليورانيوم نجد أن نواته تحتوي على ٩٢ بروتوناً . هذا العدد المميز من البروتونات لكل عنصر يسمى "العدد الذري" للعنصر . ولا يمكن لعنصرين أن يشتركا في نفس العدد الذري . وبذلك نصل إلى نتيجة هامة وهي أن جميع العناصر التي نعرفها تختلف فيما بينها باختلاف أعدادها الذرية (أي عدد البروتونات في نوي ذرتها) وبالتالي اختلاف عدد الإلكترونات في ذراتها . والجدير بالذكر أن اختلاف عدد الإلكترونات في ذرات العنصر هو المسئول عن اختلاف الخواص الكيميائية للعنصر . أما اختلاف عدد النيوترونات في نوي العناصر المختلفة فليس له أي دور في ترتيب هذه العناصر طبقاً لخواصها الكيميائية . والعنصر الواحد تحتوي ذراته على نفس عدد الإلكترونات البروتونات، إلا أنه قد تحتوي ذراته على أعداد مختلفة من النيوترونات . وبناء على ذلك فإن ذرات العنصر الواحد التي تختلف في عدد النيوترونات بأنوياتها تعرف "بنظائر العنصر" . والعنصر الواحد قد يوجد له نظائر متعددة تختلف باختلاف ما يسمى "عدد الكتلة" (هذا العدد يساوى

مجموع عدد البروتونات والنيوترونات) . ونظير العنصر له نفس عدد البروتونات للعنصر ولكنه يختلف في عدد النيوترونات به .

ونظائر العنصر الواحد لها نفس الخواص الكيميائية الأساسية ولكنها تختلف في الخواص الفيزيائية مثل الكثافة ومعدل البخر ومعدل الانتشار وغيرها . فعنصر الهيدروجين الذي تحتوي نواته بروتون واحد يكون العدد الذري له مساوياً واحد . ويوجد لعنصر الهيدروجين ثلاثة نظائر هي :

١- البروتيوم : تحتوَي نواته على بروتون واحد ويرمز له بالرمز (هيدروجين-١) ، ويتكون الماء العادي من هذا النظير .
٢- الديوتيريوم : وتحتوي نواته على بروتون واحد ونيوترون واحد ويرمز له بالرمز .
٣- (هيدروجين-٢) ويكون عدد الكتلة مساوي ٢ .
٤- التريتيوم : وتحتوي نواته على بروتون واحد وأثنين من النيوترونات ويرمز له بالرمز (هيدروجين-٣) ويكون عدد الكتلة مساوي ٣ .

ونذكر هنا مثال أخر للنظائر وهو نظائر عنصر اليورانيوم نظراً لأهميته في تفهم تصميم المفاعلات النووية وصناعة القنبلة الذري .

تحتوي نواة ذرة اليورانيوم على ٩٢ بروتوناً وبالتالي فإن العدد الذري لها هو ٩٢ . ويوجد لليورانيوم عدة نظائر من أهمها ما يلي :

١- يورانيوم-٢٣٤ : تحتوي النواة على ١٤٢ نيوترونا + ٩٢ بروتوناً . وبذلك يكون عدد الكتلة له ٢٣٤ .

٢- يورانيوم-٢٣٥ : تحتوي النواة على ١٤٣ نيوتروناً +٩٢ بروتوناً . وبذلك يكون عدد الكتلة له ٢٣٥ .

٣- يورانيوم-٢٣٨ : تحتوي النواة على ١٤٦ نيوتروناً +٩٢ بروتوناً . وبذلك يكون عدد الكتلة له ٢٣٨ .

ويحتوي اليورانيوم في الطبيعة على النظائر الثلاثة المذكورة أعلاه وبنسب ٠٠٦و٠% و٧٢و٠% و٢٧٤و٩٩% على الترتيب .

القوى الطبيعية :

بعد ما طرحنا المفهوم العلمي لمكونات الذرة ومعرفة أعدادها الكتلية والذرية، دعنا نتساءل عن ما الذي يحفظ ترابط البروتونات ذوات الشحنة الكهربية الموجبة (والمتنافرة كهربياً بعضها البعض) مع النيوترونات في نواة واحدة متماسكة؟ وما الذي يحفظ الإلكترونات في مداراتها حول النواة في الذرة؟ وما الذي يحفظ استقرار الذرات واستقرار الأرض والشمس والقمر والنجوم؟ .

والإجابة ببساطة أن المسئول عن كل ذلك هو تواجد أربعة قوى في الطبيعة تقوم بأدوار مختلفة ولا تطغي أحدهما على الأخرى، وبذلك يحتفظ الكون الذي نعيش فيه بتوازنه ونحتفظ نحن بوجودنا .

وقد تحددت هذه القوى بأنواعها الأربعة التالية :

أولاً: قوة الجاذبية :

وهي أضعف القوى الأربعة ، إلا أن مدى تأثيرها يصل مسافات بعيدة وشاسعة . وبفضل هذه القوة ينتظم دوران الأرض حول الشمس والقمر حول الأرض وتوازن الكون كله .

ثانياً: القوة الكهرومغناطيسية :

تظهر هذه القوة في وجود جسيمات ذات شحنات كهربية مثل البروتونات والإلكترونات وهي المسئولة عن انتظام الإلكترونات في مداراتها حول النواة . والقوة الكهرومغناطيسية قد يصل مداها إلى مسافات بعيدة مثل قوة الجاذبية .

ثالثاً: القوة النووية الضعيفة :

وهذه القوة لها دور كبير في ظاهرة النشاط الإشعاعي للذرات وهي أقوى من الجاذبية، إلا أن مدى تأثيرها لا يتعدى حدود نواة الذرة .

رابعاً: القوة النووية القوية :

وهي القوة المتحكمة في انتظام الكون واستقراره . وتعتبر هذه القوة أقوى القوى الأربعة ، إلا أن تأثيرها لا يتعدى حدود نواة الذرة مثل القوة النووية الضعيفة .

فإذا افترضنا أن مقدار قوة الجاذبية الوحدة فإن القوى الثلاثة الأخرى تقدر بما يلي :

قوة الجاذبية = ١

القوة النووية الضعيفة = $١٠^{٢٨}$ مرة ضعف قوة الجاذبية

القوة الكهرومغناطيسية = $١٠^{٣٩}$ مرة ضعف قوة الجاذبية

القوة النووية الشديدة: = $١٠^{٤٢}$ مرة ضعف قوة الجاذبية

النشاط الذري :

تلعب النيوترونات دوراً أساسيا في استقرار نويات ذرات العناصر . وكما ذكرنا سلفاً، فإن نواة الذرة تحتوي على بروتونات جميعها مشحون بشحنة موجبة ، وبالتالي فهي متنافرة كهربائياً، والنيوترونات وهي جسيمات متعادلة تعمل على ربط هذه البروتونات داخل النواة . وكلما زاد عدد الكتلة للذرة (أي زاد عدد البروتونات بها) زادت صعوبة على النيوترونات في الربط بينها . وهذا يفسر ظاهرة النشاط الذري المتزايد لجميع العناصر التي يزيد عددها الكتلي على ٨٣، وهذا الرقم يمثل العدد الكتلي لذرة البيزموث . فهذه العناصر غير مستقرة وتسمى "الذرات المشعة طبيعياً" ، حيث تحوي نوياتها براكين

نشطة تطلق حمماً مستمرة من الإشعاعات وتتحول إلى نويات أخرى مشعة وهكذا إلى أن تصبح النواة الوليدة مستقرة .

وقد تبين أن هناك علاقة قوية بين نسبة عدد النيوترونات إلى عدد البروتونات في نواة الذرة وبين النشاط الإشعاعي لهذه الذرة ، كما يعتمد نوع الأشعة النووية المنبعثة من النواة على هذه النسبة .

وتحاول النواة غير المستقرة أن تقلل من عدد النيوترونات بها حتى يصـل إلى العدد المناسب لاستقرارها . ويتم ذلك بطريقتين هما :

١- تحول النيوترون المتعادل كهربائياً داخل النواة إلى بروتون مشحون بشحنة موجبة وإلكترون مشحون بشحنة سالبة ، ويظل البروتون حبيساً في النواة بينما ينطلق الإلكترون خارج النواة في صورة إشعاعات تسمى إشعاعات بيتا .

– تقذف نواة الذرة نيوتروناً (وهذا يحدث نادراً) وبذلك تتحول النواة إلى حالة الاستقرار، ويحدث ذلك أثناء عملية الانشطار النووي .

البنية الأساسية للمادة :

وتعرف المادة بادئ ذي بدء بأنها : كل ماله كتلة وتوجد المادة في أربع حالات مختلفة هي : البلازمية ، والغازية ، والسائلية ، والصلبة ، وتتكون المادة (عنصراً أو مركباً) من

عدد كبير من الجزيئات الصغيرة ويمكن أن يوجد الجزيء في حالة انفراد، ويكون له نفس خواص تلك المادة . كما أن الجزيء يتكون من أكثر من ذرة . وتتركب الذرة من نواة مركزية صغيرة الحجم جداً ، إذا ما قورنت بحجم الذرة نفسها . وتتركز في النواة الكتلة الكلية للذرة تقريبا . وتدور – كما نعلم – حول النواة جسيمات دقيقة جداً لها شحنة سالبة وتسمى إلكترونات . وتحتوى النواة (قلب الذرة) على نوعين من الجسيمات الدقيقة وهي البروتونات والنيوترونات ، وكتلة البروتون الواحد تساوى تقريبا كتلة النيوترون كما تساعد ١٨٤٠ مرة مقدار كتلة الإلكترون (كتلة الإلكترون تساوى ٩,١ X $١٠^{-٣١}$ جرام) ويحمل البروتون شحنة موجبة مساويـــــة في المقدار لشحنة الإلكترون التي قيمتها ١,٦ X $١٠^{-١٩}$ كولوم (الكولوم يمثل الوحدة المستخدمة في قياس الشحنات) ويكون عدد البروتونات في الذرة الواحدة مساو لعدد الإلكترونات ، وعلى ذلك فإن الذرة تكون متعادلة كهربائيا . أما النيوترونات فهي جسيمات لا تحمل آي شحنة وتكون متعادلة كهربائيا .

ولعلنا نعرف الآن، أن الإلكترونات تحفظ بمداراتها حول النواة بفعل التوازن بين قوتين .

إحداهما هي الجذب للنواة موجبة الشحنة ، ويكون اتجاهها لداخل الذرة . والقوة الأخرى : هي القوة الطاردة المركزية بسبب الدوران ، ويكون اتجاهها إلى خارج الذرة (ويشبه ذلك

دوران الكواكب حول الشمس) ، ويتسع كل مدار لعدد معين من الإلكترونات تتحدد طبقا لقواعد ونظم ميكانيكا الكم التي تعالج حركة الأجسام الدقيقة بالذرات وعندما تكتسب الذرة أو تفقد إلكترونا أو أكثر فإن عدد الإلكترونات بها سوف يختلف عن عدد البروتونات ، وتسمى الذرة في هذه الحالة أيوناً . ويكون الأيون سالب الشحنة ، إذا اكتسبت الذرة إلكترونا أو أكثر . ويكون الأيون موجب الشحنة إذا فقدت الذرة إلكترونا أو أكثر .

وتتميز الذرات بما يسمى بالعدد الذرى ، وهو عدد البروتونات (أو عدد الإلكترونات) في الذرة الواحدة . أما عدد الكتلة فيعرف بأنه عدد البروتونات مضافاً إليه عدد النيوترونات داخل النواة في الذرة . ويختلف النشاط الكيميائي للعنصر باختلاف عدد البروتونات في الذرة . لذلك فإن أسم العنصر يتغير بتغيير العدد الذرى له .

والنظائر هي صور مختلفة من ذرات العنصر الواحد يكون لها نفس عدد البروتونات (أي العدد الذرى) ولكنها تختلف في عدد النيوترونات ، وبذلك فإنها تختلف فيما بينها في عدد الكتلة ، وأوضح مثال على ذلك ، عنصر الهيدروجين ونظائره الديوتيريوم والتريتيوم وقد وجد أن معظم العناصر لها أكثر من نظير واحد ، بعضها يكون مستقرا (غير مشع) مثل الديوتيريوم وبعضها غير مستقر (مشع) مثل التريتيوم . كما توجد العناصر في الطبيعة مختلطة مع نظائرها المشعة والغير المشعة .

وتنقسم العناصر إلى عناصر أنوية ذرتها مستقرة (غير مشعة) وعناصر أخرى أنوية ذرتها تكون غير مستقرة (مشعة) . ويرجع استقرار النواة إلى وجود النيوترونات بها ، حيث يعتقد أنها تسبب ترابط البروتونات موجبة الشحنة بفعل القوى النووية داخل النواة والتي تبطل تأثير قوة التنافر الكهربائي فيما بينها . وقد وجد في حالة العناصر المستقرة الخفيفة أن عدد البروتونات مساو لعدد النيوترونات . وكلما ازداد عدد البروتونات في النواة، نجد أن عدد النيوترونات يزيد على عدد البروتونات فيها لكي تكون النواة مستقرة . وعند اختلاف النسبة بين عدد النيوترونات وعدد البروتونات التي توجد بالنواة، تصبح النواة في حالة غير مستقرة وتكون المادة في هذه الحالة ذات نشاط إشعاعي .

الإشعاعات النووية :

تنقسم المواد المشعة إلى مواد مشعة طبيعية ومواد مشعة منتجة صناعياً ، وذلك بقذف النواة المستقرة بجسيم نووي ذي طاقة عالية .

والمواد المشعة الطبيعية تنتج ثلاثة أنواع من الإشعاع هي :

١- جسيمات ألفا : وهي جسيمات دقيقة مادية تحمل شحنة موجبة ، ولذا فهي تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية ، حيث وجد أن هذه الجسيمات تنحرف عن مسارها الأصلي ،

وتحتوى جسيمات ألفا على بروتونين ونيوترونين (أي أنها تمثل نواة ذرة الهليوم) . وبالتجربة العملية أمكن دراسة قدرة هذه الجسيمات على الاختراق والنفاذ خلال المواد المختلفة . وقد ثبت أن قدرة الاختراق لهذه الجسيمات ضعيفة، حيث إن مداها خلال الهواء قصير (عدة سنتيمترات فقط) . ويقل مداها كلما زادت كثافة المادة التي تمر بها . ولكن هذه الجسيمات تتميز بقدرة عالية على تأين المادة (أي أنها تحول العدد الكبير من ذرات المادة التي تمر خلالها إلى أيونات) .

وتنتج المواد المشعة جسيمات ألفا، عندما يكون العدد الذرى لها أكثر من ثمانين . ومثال ذلك انطلاق جسيم ألفا عندما تتحلل نواة ذرة الراديوم وتتحول إلى نواة ذرة الرادون طبقاً للتفاعل النووي .

^{٢٢٦}راديوم$_{٨٨}$ ⇐ ^{٢٢٢}رادون$_{٨٦}$ + ^{٤}جسيم الفا$_{٢}$

يلاحظ أن العدد أعلى يمين اسم العنصر يرمز إلى عدد الكتلة ، بينما العدد أسفل يسار اسم العنصر يرمز إلى العدد الذرى .

٢- جسيمات بيتا السالبة : هي جسيمات دقيقة مادية تحمل شحنة سالبة، تتأثر بكل المجالات الكهربائية والمغناطيسية التي تحرفها عن مسارها الأصلي . وجسيمات بيتا السالبة لها شحنة مساوية لشحنة الإلكترون ولها نفس كتلة الإلكترون . ولذلك فهي تعرف بأنها سيل من الإلكترونات . وهذه الجسيمات لها قدرة على اختراق المواد المختلفة أكثر من جسيمات ألفا . ولكن قدرتها

على التأين أقل من قدرة جسيمات ألفا . وتصدر المادة المشعة جسيمات بيتا السالبة، عندما تحتوى نواتها على عدد كبير من النيوترونات أو تنقص بها عدد البروتونات . ويتم ذلك يتحلل نيوترون وتحوله إلى بروتون وإلكترون .

١ نيوترون صفر ⇐ ١ بروتون ١ + صفر (جسيم بيتا السالب) -١

مثال على ذلك تحول نواة ذرة الثوريوم إلى نواة ذرة البروتاكتينيوم وانطلاق جسيم بيتا السالب .

٢٣٤ ثوريوم ٩٠ ⇐ ٢٣٤ بروتاكتينيوم ٩١ + صفر (جسيم بيتا السالب) -١

٣- أشعة جاما : هي أشعة كهرومغناطيسية لا تتأثر بأي من المجالات الكهربائية أو المغناطيسية ولها قدرة اختراق ونفاذ كبيرة ولكن قدرتها على تأين المواد المارة بها أقل من جسيمات ألفا وبيتا .

وتنتج النواة أشعة جاما، عندما تكون في حالة إثارة أو تهيج، أي عندما تكون محتوية على طاقة كبيرة، مما يجعلها تتخلص من هذه الطاقة الزائدة بأن تنتج أشعة جاما . ومثال ذلك تحول نواة ذرة الثوريوم إلى نواة ذرة الراديوم وانطلاق جسيم ألفا وأشعة جاما .

٢٣٢ ثوريوم ٩٠ ⇐ ٢٢٨ راديوم ٨٨ + ٤ (جسيم ألفا) ٢ + أشعة جاما

يلاحظ في الأمثلة السابقة أن مجموع أعداد الكتلة والأعداد الذرية لكل من النواة الجديدة والأشعة المنبعثة مساو تماماً في مجموعة لأعداد الكتلة والأعداد الذرية للنواة المشعة .

ويطلق عادة على النواة المشعة الأصلية "النواة الأم" ، بينما تسمى النواة الجديدة الناتجة "بالنواة الأبنة" .

وتوجد في الطبيعة أربع عائلات تشع تلقائياً هي : عائلة اليورانيوم – وعائلة الاكتنيوم – وعائلة الثوريوم وأخيرا عائلة النبتونيوم . وفي كل عائلة من هذه العائلات نجد أن نواة الذرة الأم تتحلل بإصدار أشعة ألفا أو بيتا أو جاما ، ثم تتحول إلى نواة أبنه لعنصر أخر . وهكذا يستمر التحلل حتى تصل النواة النشطة إلى نواة عنصر مستقر غير مشع . وفي العائلات الثلاث الأولى نجد أن العنصر المستقر لها هو عنصر الرصاص . أما العائلة الرابعة فإن العنصر المستقر لها هو عنصر البزمث .

وقد تمكن العلماء من إنتاج المواد المشعة بطريقة صناعية ، وذلك بقذف نواة عنصر مستقر بجسيم ذي سرعة عالية ، هذه السرعة يكتسبها الجسيم عن طريق وضعه داخل أجهزة تعجيل (Accelerator) أو عن طريق الطاقة الناتجة من تفاعلات نووية .

والمواد المشعة المنتجة صناعياً ، تصدر إشعاع ألفا وبيتا السالبة وجاما، فضلاً عن أنواع أخرى من الإشعاع مثل النيوترونات والبروتونات والبوزيترونات (وهي جسيمات بيتا ولكن شحنتها موجبة) ، كما تصدر أيضاً الأشعة السينية . على سبيل المثال، عند قذف نواة ذرة البريليوم بجسيم ألفا ينتج نيوترون .

^{٩}بريليوم$_{٤}$ + ^{٤}(جسيم آلفا)$_{٢}$ ⇐ ^{١٣}نظير الأوكسجين$_{٦}$

^{١٣}نظير الأوكسجين$_{٦}$ ⇐ ^{١٢}كربون$_{٦}$ + ^{١}(نيوترون)$_{صفر}$

وعند قذف نواة ذرة الصوديوم بنيوترون ينتج جسيم بيتا السالب وجسيم ألفا .

^{٢٣}صوديوم$_{١١}$ + ^{١}(نيوترون)$_{صفر}$ ⇐ ^{٢٠}نظير الفلورين$_{٩}$ + ^{٤}(جسيم الف)$_{٢}$

^{٢٠}نظير الفلورين$_{٩}$ ⇐ ^{٢٠}نيون$_{١٠}$ + ^{صفر}(جسيم بيتا السالب)$_{-١}$

وعند قذف نواة ذرة الصوديوم بجسيم الديوترون ينتج بروتون وجسيم بيتا السالب .

^{٢٣}صوديوم$_{١١}$ + ^{٢}ديوترون$_{١}$ ⇐ ^{٢٤}نظير الصوديوم$_{١١}$ + ^{١}(بروتون)$_{١}$

^{٢٤}نظير صوديوم$_{١١}$ ⇐ ^{٢٤}مغنسيوم$_{١٢}$ + ^{صفر}(جسيم بيتا السالب)$_{-١}$

وعند قذف نواة ذرة الكربون ببروتون تنتج أشعة جاما وبيزوترون طبقاً للتفاعل التالي :

^{١٢}كربون$_{١١}$ + (^{١}بروتون)$_{١}$ $\Leftarrow$ ^{١٣} نظير النتروجين$_{٧}$ + أشعة جاما

^{١٣}نظير النتروجين$_{٧}$ $\Leftarrow$ ^{١٣} نظير الكربون$_{٦}$ + ^{صفر} (بوزيترون)$_{-١}$

وتشع النواة بوزيترون أو جسيم بيتا الموجب عندما تحتوى النواة على عدد كبير من البروتونات أو يوجد بها نقص في عدد النيوترونات ، وذلك بتحول البروتون إلى نيوترون وبوزيترون .

^{١}بروتون$_{١}$ $\Leftarrow$ ^{١} نيوترون$_{صفر}$ + ^{صفر} بوزيترون؛

أما في العناصر الثقيلة، فإنه حينما تحتوى النواة على زيادة في عدد البروتونات ونقص في عدد النيوترونات، تلتقط النواة أحد إلكتروناتها من المدارات القريبة لها ، فيتعادل بذلك أحد البروتونات الموجودة بالنواة ومن ثم يتحول إلى نيوترون .

^{١}بروتون$_{١}$ + ^{صفر} (إلكترون)$_{-١}$ $\Leftarrow$ ^{١} نيوترون$_{صفر}$

ويملأ الفراغ الذي نشأ في المدارات القريبة من النواة إلكترون قادم من المدارات البعيدة عن النواة ، حيث يحدث نقص في طاقته . هذا النقص في الطاقة يظهر على هيئة أشعة سينية منبعثة ، كما هو موضح في المثال التالي :

^{٤٩}فناديوم$_{٢٣}$ + ^{صفر} إلكترون$_{-١}$ $\Leftarrow$ ^{٤٩} تيتانيوم$_{٢٢}$ + أشعة سينية

ومن أهم أنواع الإشعاع التي نود الإشارة إليها هي الأشعة الكونية، فقد لاحظ العلماء في بداية القرن العشرين أن نسبة قليلة من الهواء الجوي تكون في حالة متأينة . مما دل على أن سبب التأين ليس وجود العناصر المشعة الطبيعية الموجودة على الأرض ، وإنما هو شئ آت من الفضاء الخارجي . وقد أثبت العلماء فيما بعد أن سبب تأين الهواء الجوي هو أشعة آتية من أعماق الفضاء الخارجي مخترقة الغلاف الجوي للأرض وأطلق عليها اسم "الأشعة الكونية" . وقد أظهرت الدراسة أن الأشعة الكونية تتكون من حوالي ٩٠% بروتونات و٩% جسيمات ألفا وحوالي ١% نويات بعض العناصر الثقيلة مثل الحديد . هذه الجسيمات تأتي بطاقات عالية جداً ومن جميع الاتجاهات، مما دل على أنها لا تأتي من الشمس ، وإنما نصدرها هو النجوم المتفجرة البعيدة وأنها تكتسب طاقاتها العالية من تأثير المجالات المغناطيسية الموجودة في الفضاء بين النجوم .

وعند دخول الأشعة الكونية الغلاف الجوي للأرض فإنها تصطدم بذرات النيتروجين والأكسجين في الطبقات العليا من الغلاف الجوي . وهذا التصادم ينتج عنه أشعة ثانوية مثل أشعة جاما وإلكترونات وبوزيترونات ونيوترونات . معظم هذه الأشعة الثانوية تمتص بواسطة الغلاف الجوي ولكن نسبة ١% منها يصل إلى الأرض .

وفي الدقيقة الواحدة وجد أن كل شخص على الأرض يصطدم بحوالي واحد إلى خمسة من جسيمات الأشعة الكونية . كما وجد أن كمية الأشعة الكونية تقل كلما اقتربنا من خط الاستواء وتزداد كلما اقتربنا من المناطق القطبية، وتعزى هذه الظاهرة إلى تأثير المجال المغناطيسي الأرضي على الجسيمات الدقيقة المشحونة كإحدى مكونات الأشعة الكونية، حيث يحرفها عن مسارها .

الفصل الثاني

الأسلحة النووية والذرية

الآن وبعد أن عرفنا محتويات الذرة وأنشطتها النووية ، دعنا نتساءل عن أنواع المتفجرات؟

هناك نوعان من المتفجرات أحدهما متفجرات تقليدية والأخرى متفجرات غير تقليدية .

والانفجار في المتفجرات التقليدية ما هو إلا تفاعل كيميائي سريع جداً يتيح للطاقة المصاحبة له أن تتبدد ، وينجم عن ذلك تكون كميات كبيرة من الغاز ، تتمدد بتأثير الحرارة وتدفع ما أمامها مسببة الانفجار . والتفاعل الكيميائي بشكل عام يترك نواة الذرة دون تغيير ، والذي يتعرض للتغيير هو عدد الإلكترونات في المدارات الخارجية للذرة فقط .

أما الانفجار النووي ، فيحدث نتيجة لتغيير في نواة الذرة . ويكون هذا التغيير إما على شكل انقسام في نوي الذرات ينتج عنه طاقة ، كما هو الحال في القنبلة النووية ، أو على شكل اندماج بين نوي الذرات الخفية ، كما يحدث في حالة القنبلة الهيدروجينية .

وقد بين العالم الفيزيائي الألماني "ألبرت أينشتين" أن المادة يمكن أن تتحول إلى طاقة ، كما أن الطاقة يمكن أن تتحول إلى مادة . فإذا فقدت المادة بعض طاقتها نقصت بالتالي كتلتها بكميات تتناسب مع هذا النقص وفقاً لمعادلة أينشتين الشهيرة :

$E = Mc^2$ حيث أن E تمثل مقدار الطاقة ، M يمثل مقدار الكتلة ، c^2 يمثل مربع سرعة الضوء في الفراغ . ونظراً أن قيمة سرعة الضوء في الفراغ كبيرة جداً وتساوي ٣*١٠^٨ متر/ثانية ، فإن مقار ضئيل من المادة يتحول إلى قدر هائل من الطاقة . على سبيل المثال ، في حالة الانشطار النووي يحدث انقسام لذرات المعادن الثقيلة مثل عنصر اليورانيوم ٢٣٥ (عدده الكتلي ٢٣٥) أو البلوتونيوم ٢٣٩(عدده الكتلي ٢٣٩) وينتج عن ذلك تكون ذرات أصغر يكون المجموع الكتلي لها أصغر من كتلة الذرة قبل الانقسام ، ويتحول فرق الكتلة هذه إلى طاقة هائلة تصاحب التفجير النووي . وفي عام ١٩٣٨ ، اكتشف العالمان الألمانيان ستراسمان "Strassman" وأتوهان "Otto Hahn" تفاعلاً نووياً عظيماً ، عبارة عن انقسام نواة اليورانيوم٢٣٥ بعد قذفها بالنيوترونات وتحولها إلى عنصري الباريوم والكريتون . وقد صاحب هذا الانقسام انطلاق نيوترونات وتصاعد كميات هائلة من الطاقة تبلغ حولي٥*١٠^١٢ سعر حراري لكل جزئ جرامي من اليورانيوم . مع العلم بأن الكيلو جرام الواحد من اليورانيوم يحتوي تقريباً على أربعة جزيئات جرامية . وعلى ذلك فإن الطاقة المنطلقة من واحد

كيلو جرام من اليورانيوم تبلغ $٢*١٠^{١٣}$ سعر حراري ، وهي كمية هائلة إذا ما قورنت بالطاقة المتولدة من الفحم الحجري التي تبلغ $٨*١٠^{٦}$ سعراً حرارياً . أي أن اليورانيوم يفوق الفحم كمصدر للطاقة بمقدار ٥و٢ مليون مرة .

سلسلة التفاعلات النووية :

نظراً لأن الانقسام النووي السابق ذكره يكون مصحوباً بإنبعاث نيوترونات إضافية ، فإن عملية الانقسام تتتابع على شكل تفاعلات نووية متسلسلة طالما ظل اليورانيوم كوقود نووي مازال موجوداً . ويمكن تمثيل هذا التفاعل بالمعادلة البسيطة التالية :

^{235}يورانيوم + نيوترون ⇐ ^{١٤٣}باريوم + ^{٩٤}كربتون + ٢ نيوترون + طاقة

ويمكن التحكم في الانقسام النووي السابق ، بحيث يصبح مصدراً لعدد من العناصر المشعة ، وذلك في حالة استخدام أجهزة خاصة للتحكم في التفاعلات النووية المتسلسلة . وتسمى أجهزة التحكم هذه بالمفاعلات النووية (أنظر الفصل الثالث) ، كما يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة من التفاعلات النووية في توليد الطاقة الكهربية . أما الانقسامات النووية غير المتحكم فيها فهي تستخدم في التفجيرات النووية . وفيما يلي سوف نستعرض أنواع الأسلحة النووية والذرية .

أنواع الأسلحة الذرية والنووية :

هناك ثلاثة أنواع من الأسلحة الذرية والنووية هي : القنابل الذرية والهيدروجينية والنيوترونية .

أولاً: القنبلة الذرية :

يمكن أن يحدث الانشطار النووي في عنصري اليورانيوم ٢٣٥ أو البلوتونيوم ٢٣٩ ، وذلك عندما يتعرضان لسيل من نيوترونات بطيئة . وكما ذكرنا سلفاً ، فإن هذا الانشطار ينتج عنه انبعاث نيوترونات أخرى تهاجم ذرات أخرى وتنشطر ، وهكذا يحدث التفاعل النووي المتسلسل .

إلا أن فكرة القنبلة النووية تعتمد على انشطار اليورانيوم ٢٣٥ أو البلوتونيوم ٢٣٩ دون الاستعانة بالنيوترونات لبدء التفاعل المتسلسل . فإذا أخذ أربعة إلى ثمانية كيلوجرامات من هذه العناصر ، ثم تعرضت فجأة لضغط كبير في فترة زمنية قصيرة تبلغ جزءاً من المليون من الثانية ، فإن كتلتها تتكمش إلى حجم أصغر ، ويحدث الانشطار بطريقة تلقائية وتنطلق كمية من الطاقة تكافئ ما ينتج من انفجار عشرين إلى مائتي ألف طن من مادة ثلاثي نيوتروتولوئين TNT شديدة الانفجار . وتعتمد مقدار الطاقة المتولدة عن انفجار القنبلة النووية بشكل عام على نوعية التقنية المستخدمة في صنع القنبلة النووية . على سبيل المثال ، كانت القنبلة النووية الأولى التي ألقيت على مدينة هيروشيما اليابانية أثناء الحرب العالمية الثانية ، تزن ٤

أطنان ، وتحتوي على قدرة تدميرية تعادل عشرون ألف طن من مادة TNT . والآن تطورت صناعة القنابل النووية ، بحيث أصبحت تزن ١و٠ من الطن أي ١٠٠ كيلو جرام فقط بقدرة تدميرية تعادل مائتين ألف طن من الTNT ومن المعروف أنه كلما زادت القوة التدميرية للقنبلة وقل وزنها كانت أكثر كفاءة ، بحيث يمكن حملها بسهولة على شكل رؤوس نووية بواسطة الصواريخ .

والجدير بالذكر أن هذه القنابل تستخدم أساساً كأسلحة إستراتيجية للهجوم على أهداف كبيرة مثل المدن . ويمكن الآن تصنيع قنابل نووية صغيرة تكون قدرتها التدميرية في حدود ألف إلى خمسة آلاف طن من مادة TNT. وتستخدم كأسلحة تكتيكية يتم قذفها بمقاتلات قاذفة أو صواريخ للهجوم على أهداف صغيرة مثل المطارات ومصانع الأسلحة ومواقع الصواريخ وغيرها مما يحسم نتائج المعارك .

مكونات القنبلة النووية :

تتكون القنبلة النووية عادة من ٤-٨ كيلوجرامات من عنصر اليورانيوم مقسم إلى كميتين منفصلتين أحدهما من عنصر اليورانيوم ٢٣٥ المخصب سريع الانشطار والكمية الأخرى من اليورانيوم ٢٣٨ الخامل أو البلوتونيوم ٢٣٩ وبنسبة ٨٠% و ٢٠% على الترتيب . وبواسطة جهاز خاص بالقنبلة يتم جمع وضغط هاتين الكميتين ضغطاً مفاجئاً إلى حجم أصغر .

ويمكن إحداث هذا الضغط باستعمال كمية محدودة من مادة TNT شديدة الانفجار . وحتى يكون الانفجار النووي ناجحاً يجب الاستفادة من جميع النيوترونات المنبعثة في شطر جميع نوي اليورانيوم أو البلوتونيوم . ويتطلب ذلك نقاء هاتين المادتين من الشوائب التي تمتص النيوترونات مثل عنصر الكادميوم . كما يجب ألا تتشتت النيوترونات المتولدة أو تبطئ سرعتها وذلك بأن تكون كمية اليورانيوم أو البلوتونيوم مناسبة ، بحيث لا تسمح بتشتت النيوترونات . وأيضاً يجب تحديد ما يسمى بالكتلة الحرجة التي تشغل حجماً معيناً عندما تضغط فجأة ، يعرف ذلك بالحجم الحرج ، بحيث يسمح باقتناص كل النيوترونات وعدم ضياع أي شئ منها .

الانفجار النووي :

عند حدوث الانفجار النووي فإن الطاقة الناتجة تحول المواد المستخدمة إلى غاز ، وينتج ضغط هائل ورياح شديدة السرعة تتكون نتيجة التمدد المفاجئ . كما ينتج وميض وهاج أقوى من ضوء الشمس ، ودرجة حرارة تصل إلى عشرة ملايين درجة مئوية . وعندما يتحرر الغاز من هذا الضغط تنطلق موجة لافحة تحمل خطراً مميتاً على هيئة إشعاعات قوية مختلفة الأنواع تؤدي إلى قطع التيار الكهربائي وإيقاف محركات السيارات وباقي الماكينات في المصانع . كما تتصاعد أتربة

كثيفة تكتسب خاصية الإشعاع باندماجها في عملية التفجير واختلاطها بالإشعاعات أثناء الانفجار النووي .

ثانياً: القنبلة الهيدروجينية :

تعتمد الفكرة الأساسية للقنبلة الهيدروجينية أو القنبلة النووية الحرارية على الاندماج النووي لعنصر الديوتيريوم وهو إحدى نظائر عنصر الهيدروجين مع عنصر التريتيوم . ونتيجة عمليات الاندماج النووي يتم تكوين ذرة الهليوم وينطلق نيوترون .

ويمثل فرق الكتلة بين المواد المتفاعلة والنواتج التابعة من التفاعل النووي حوالي ٤و٠% يخرج على هيئة طاقة هائلة . والقنبلة الهيدروجينية تتكون من ٣٦و١ كيلو جرام من عنصر التريتيوم و٩١و٠ كيلو جرام من عنصر الديوتيريوم . ويحتاج لإتمام عملية الاندماج تفجير نووي محدود ، لذلك يحاط بهذا المخلوط قنبلة ذرية تستخدم الطاقة المتولدة في اندماج مكونات المخلوط لتكوين الهليوم وانطلاق مقدار من الطاقة يعادل ما ينتج من انفجار عشرين مليون طن من مادة TNT . أي أن انفجار القنبلة الهيدروجينية يزيد على انفجار القنبلة الذرية الإنشطارية من مائة إلى ألف مرة . وتدعى القنبلة الهيدروجينية بالقنبلة الحرارية ، لأن عملية اندماج النوي عبارة عن تفاعلات نووية حرارية لا تبدأ إلا إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى درجة عالية جداً ، والذي جعل هذا التفاعل يستمر حتى تنتهي المكونات هو

أن هذه التفاعلات نفسها تفاعلات طاردة للحرارة (مولدة للحرارة) .

ثالثاً: القنبلة النيوترونية:

هي عبارة عن قنبلة هيدروجينية مصغرة ، إلا أن تركيبها وتأثيرها يختلف عن القنبلة الهيدروجينية ، حيث أن معظم مفعول القنبلة النيوترونية يكون على شكل أشعة نيوترونية تخترق الأجسام الحية وتؤدي إلى قتلها في الحال ، بينما لا تؤثر على المنشآت بشكل يذكر وذلك على عكس الأنواع الأخرى من الأسلحة النووية .

الفصل الثالث

المفاعلات النووية

مقدمة

استطاع عالم الفيزياء الشهير "ألبرت أينشتين" في أوائل هذا القرن أن يسقط الحاجز بين المادة والطاقة ، وذلك بإثبات أن المادة يمكن تحولها إلى طاقة ، والعكس يكون صحيحاً ، فيمكن للطاقة أن تتحول إلى مادة ، وقدم لنا "أينشتين" المعادلة التي تربط بين كتلة المادة والطاقة الناتجة عند فنائها ، وهي أن الطاقة تساوى كتلة المادة مضروبة في مربع سرعة الضوء في الفراغ .

فيما بعد ، أفادت نتائج القياسات الدقيقة لكتل الذرات ، بأن كتلة النواة بالذرة كوحدة متكاملة تكون أقل من مجموع مكونات هذه النواة منفردة ، والفرق بين القيمتين مضروب في مربع سرعة الضوء يمثل مقدار طاقة الترابط النووي . وهي تعطى مقياساً لمدى ترابط النواة وثباتها أو استقرارها وقد وجد العلماء أن متوسط طاقة الترابط النووي لكل جسيم من الجسيمات التي تكون النواة (أي طاقة الترابط النووي مقسومة على عدد الجسيمات التي تكون النواة ، وهي البروتونات والنيوترونات)

تزداد بازدياد عدد الكتلة للذرة حتى يصل عدد الكتلة إلى الرقم ٥٠ ، ثم تقل هذه الطاقة بمعدل صغير كلما زاد عدد الكتلة ، وعلى هذا الأساس اعتمدت فكرة إنتاج الطاقة باستخدام المفاعلات النووية .

المفاعلات النووية :

يرجع الفضل في بناء المفاعلات النووية إلى جهود العلماء في محاولة فهم عمليات الانشطار النووي بين أنوية الذرات ذات العدد الكتلي الكبير ، وقد وجد أن نواة ذرة اليورانيوم الذي عدد كتلتها يساوى ٢٣٥ تتشطر عندما تصطدم بها نيوترونات بطيئة نسبياً . وينتج عن هذا الانشطار أنوية أخرى ذات ثقل متوسط ، وكذلك تنتج طاقة تبلغ ٠,٣٢ × ١٠$^{-١٠}$ جول لكل تصادم نيوتروني ، ويرجع سبب تولد هذه الطاقة إلى تحول جزء من الكتلة إلى طاقة ، حيث أن مجموع كتل النواتج بعد الانشطار يكون اقل من الكتلة الكلية لنواة ذرة اليورانيوم .

هذه الطاقة تكسبها نواتج الانشطار كطاقة حركة . كما ينتج من هذا الانشطار عدد من النيوترونات تستطيع بدورها القيام بتصادم جديد ، وبذلك يستمر التفاعل والانشطار بمجرد بدئه ، ولذلك سمى هذا بالتفاعل المتسلسل .

$^{٢٣٥}_{٩٢}$يورانيوم + $^{١}_{\text{صفر}}$نيوترون ⇐ $^{٢٣٦}_{٩٢}$يورانيوم

$^{٣٦}_{٩٢}$يورانيوم ⇐ $^{١٤٠}_{٥٤}$زينون + $^{٩٤}_{٣٨}$سترانشيوم + ٢ ^{١}

نيوترون + أشعة جاما + ٠,٣٢ x ١٠$^{-١٠}$ جول

يلاحظ من المعادلة السابقة أن الأعداد أعلى يمين العنصر تمثل عدد الكتلة ، بينما يمثل العدد أسفل يسار العنصر إلى العدد الذرى .

وقد أدى اكتشاف ظاهرة الانشطار النووي وانبعاث هذه الطاقة الهائلة إلى عمل القنبلة الذرية عام ١٩٤٥ . وقد أمكن بعد ذلك التحكم في هذه الطاقة الهائلة الناتجة عن عمليات الانشطار النووي لأنوية ذرات اليورانيوم بما يسمى بالمفاعلات النووية ، حيث يجرى التحكم في معدل عمليات الانشطار وإنتاج الطاقة .

ويتركب قلب المفاعل النووي من كتلة من الجرافيت بها قنوات راسية يوضع بها قضبان الوقود الذرى ، هذا الوقود عبارة عن خليط غنى من عنصر اليورانيوم ذي عدد كتلة ٢٣٥ ، وذلك لسهولة انشطاره بالنيوترونات واليورانيوم ذي عدد كتلة ٢٣٨ ، يلاحظ أن اليورانيوم ذا عدد الكتلة ٢٣٥ يمثل حوالي ٠,٧% من عنصر اليورانيوم الموجود في الطبيعة .

وتوجد قنوات رأسية أخرى بين قنوات الوقود الذرى ، يوضع بها قضبان من عنصر البورون أو الكادميوم . وتسمى هذه القضبان "قضبان التحكم" ، ويلعب الجرافيت دوراً هاماً في المفاعل النووي وهو تهدئة سرعة النيوترونات ، وردها إلى الوقود الذرى مرة أخرى ، ولذلك سميت كتلة الجرافيت

"بالمهدئ" ، أحياناً يستخدم الماء الثقيل ليهدئ بدلاً من الجرافيت ، ووجد أن النيوترونات البطيئة تقوم بشطر نواة اليورانيوم ، أما النيوترونات السريعة فإن احتمال شطرها لنواة اليورانيوم قليلة جداً ، حيث أن الفترة الزمنية التي يمكثها النيوترون في هذه الحالة – وهو مار أمام نواة اليورانيوم تكون قصيرة ، وعلى ذلك فإن فرصة جذب النواة له بفعل القوة النووية الكبرى تكون ضعيفة . وينتج عن شطر نواة ذرة اليورانيوم نواتج معظمها مشع والتخلص من هذه المخلفات يشكل مشكلة خطيرة وصعبة أمام الدول التي تستخدم هذه المفاعلات النووية ، كما ينتج أيضاً كمية من الطاقة وتقوم النيوترونات المولدة من عمليات الانشطار (حوالي أثنين أو ثلاثة من النيوترونات) بعمليات انشطار جديدة .

وتشكل كمية الوقود الذرى وتحديد حجمه بالمفاعل قضية كبيرة . وقد وجد أنه عندما يكون حجم الوقود صغيراً ، فإن نسبة كبيرة من النيوترونات تهرب من الوقود ، مما يهدد باستمرار التفاعل المتسلسل ، ولذلك فهناك حجم حرج للوقود الذرى يتميز به المفاعل النووي ، يستمر بعده التفاعل المتسلسل . ويمكن التحكم في معدل حدوث الانشطار ، وذلك بواسطة قضبان البورون ذات القدرة الكبيرة على امتصاص النيوترونات . وعند تشغيل المفاعل ، توضع أولاً قضبان البورون في أماكنها ، ثم توضع قضبان الوقود بينها ، وعند

وضع كمية كافية من قضبان الوقود ، ترفع قضبان البورون وبذلك تكون كمية اليورانيوم كافية لإحداث التفاعل المتسلسل وإنتاج الطاقة باستمرار ، ويتحكم في معدل حدوث الانشطار عن طريق رفع أو خفض قضبان البورون .

وينتج عن هذه العملية حرارة عالية ، وتستخدم المياه أو الغازات في تبريد قلب المفاعل ، وفي نفس الوقت تنقل الطاقة الحرارية من داخل المفاعل إلى خارجه ، حيث يستفاد بها في تحويل المياه إلى بخار ، يستخدم في تشغيل التوربينات الخاصة بتوليد الكهرباء ، وقد تستخدم هذه الطاقة في أغراض أخرى مثل تحلية مياه البحار ، وكذلك في تسيير الغواصات .

وعند حدوث خطأ في عملية التبريد أو عدم السيطرة على عمليات التفاعل المتسلسل ، قد يتسبب ذلك في انفجار المفاعل وتتحول النواتج المشعة إلى شظايا وأبخرة يصعب التحكم بها ، وتصبح خطراً يهدد أمن المواطنين ، وهذا بالضبط ما حدث في انفجار مفاعل " تشيرنوبيل " عام ١٩٨٦م في الاتحاد السوفييتي (قبل التفكك) .

الإشعاع الناتج عن المفاعل النووي :

ويترتب على مرور الإشعاع ذي الطاقة العالية خلال الأوساط المادية ، مثل الغازات – حدوث تأين لكثير من ذرات الوسط المادية ، مثل الغازات ، مما يؤدى إلى وجود عدد كبير

من الإلكترونيات والأيونات الموجبة ، فإذا استطعنا الكشف عن هذه الشحنة الناتجة ، أو تسجيلها ، أو قياسها أمكننا بذلك الاستدلال على وجود ذلك الإشعاع المؤين وحساب كميته أو شدته وهذه هي الفكرة التي بنى عليها الكثير من كشافات الإشعاع . وكشافات الإشعاع النووي تختلف في تصميمها وطريقة أدائها وفق نوع الإشعاع المراد الكشف عنه . ومن أهم هذه الكشافات هو "عداد جيجر" الذي يستخدم بكفاءة للكشف عن جسيمات "بيتا" وعددها .

ويتكون عداد جيجر من أنبوبة أسطوانية من المعدن ، موضوعة داخل أنبوبة زجاجية في مقدمتها غشاء رقيق من "الميكا" يسمح بنفاذ أشعة "بيتا" وتحوى الأنبوبة الزجاجية على غاز الأرجون (هذا الغاز خامل ولا يتفاعل كيميائياً) ونسبة من الكحول تحت ضغط عدة سنتيمترات من الزئبق ، ويمر في وسطها سلك معدني معزول كهربائياً عن جدار الأنبوبة المعدنية ، والأنبوبة الزجاجية بدورها موضوعة في أنبوبة أخرى من المعدن لحمايتها ولمنع الإشعاع من التسرب من داخل الأنبوبة ، وتمثل الأنبوبة المعدنية القطب السالب ويمثل السلك المعدني الرفيع القطب الموجب ، وعند دخول جسيمات "بيتا" من غشاء "الميكا" فإنها تمر خلال غاز الأرجون وتؤينه ، حيث تتحول بعض الذرات إلى أيونات موجبة وإلكترونيات .

وتتجه الإلكترونيات نحو السلك المعدني – القطب الموجب ، ونتيجة لوجود فرق جهد كهربي بين السلك وجدار الأنبوبة المعدنية ، فإن هذه الإلكترونيات تكتسب طاقة وتحدث تأيناً جديدا للغاز ينتج عنه إلكترونات وأيونات موجبة كثيرة .

وتتجه الإلكترونيات نحو السلك المعدني وتتجه الأيونات الموجبة نحو جدار الأنبوبة المعدنية (القطب السالب) ، ويتولد عن ذلك تيار كهربائي يمر بدائرة كهربائية تكون متصلة بالأنبوبة ، هذا التيار يمكن قياسه والاستدلال به عن دخول جسيم "بيتا" إلى الأنبوبة .

وعداد جيجر ذو كفاءة ضعيفة في عد أشعة جاما ، حيث يمكن لبعض هذه الأشعة من التسرب والنفاذ خارج الأنبوبة بدون حدوث تأين للغاز ، ومن ثم صممت عدادات أخرى لهذا الغرض نذكر منها على سبيل المثال " العداد الوميضي " وقد وجد أنه بالرغم من عدم وجود مادة مشعة أمام عداد جيجر فإن العداد يسجل وجود بعض الإشعاع ، جزء من هذا الإشعاع يكون ناتجاً من تلوث الجهاز ، والمنطقة المحيطة به بالإشعاع الذرى والجزء الأخر ناتج عن وجود الأشعة الكونية ، التي تصل إلى الأرض من الفضاء الخارجي . وتسمى هذه الأشعة بالخلفية الإشعاعية لعداد جيجر وتتراوح عادة بين ٢٠ إلى ٥٠ جسيماً في الدقيقة وباستخدام طبقة من الرصاص حول العداد أمكن تقليل قراءة الخلفية الإشعاعية للعداد إلى حوالي ٢٠% .

وبقياس الخلفية الإشعاعية وطرحها من القراءة الكلية للعداد عندما توضع أمامه المادة المشعة ، يمكننا تقدير الكمية الصحيحة من الإشعاع المنبعث من مادة مشعة ضعيفة . ويمكن إهمال الخلفية الإشعاعية للعداد عند قياس إشعاع صادر من مواد ذات نشاط إشعاعي عال – أكثر من خمسة آلاف جسيم من الإشعاع في الدقيقة .

مخاطر الإشعاع :

ولكي نوضح مخاطر الإشعاع النووي وتأثيره على الأنسجة البيولوجية ، فيما يلي سوف نستعرض بعض الوحدات المختلفة المستخدمة في قياس الإشعاع في تحديد الجرعات المناسبة التي يتعرض لها الكائن ألحي :

(أ) وحدات النشاط الإشعاعي :

هي وحدات تستخدم لقياس كمية الإشعاع الصادر من المواد المشعة ، وتعتمد على عدد الذرات المتحللة في الثانية الواحدة من المادة المشعة .

ووحدة الكوري (Curi-Ci) تمثل النشاط الإشعاعي لواحد جرام من عنصر الراديوم ، وفي عام ١٩٥٠ عرف الكوري بأنه مقدار ٣,٧ × ١٠^{١٠} ذرة متحللة من المادة المشعة في الثانية الواحدة ، ويعتبر ١ كورى وحدة كبيرة في مجال قياس الإشعاع النووي ، ولذلك تستخدم عادة وحدات أصغر منها فالميللي

كوري ويساوى واحد من الألف من الكوري وأيضاً الميكروكوري ويساوى واحد من المليون من الكوري .

وفي عام ١٩٧٥ قررت اللجنة الدولية لوحدات الإشعاع وضع وحدة جديدة اسمها بيكريل (Becquerel-Bq) لقياس النشاط الإشعاعي .

ومقدار وحدة البيكريل يمثل ذرة واحدة متحللة من المادة المشعة في الثانية الواحدة . ونظراً لصغر هذه الوحدة يستخدم عادة الكيلو بيكريل ويساوى ألف بيكريل وأيضاً الميجا بيكريل ويساوى مليون بيكريل .

(ب) وحدات التعرض للإشعاع :

بما أن الضرر الناشئ من التعرض للإشعاع يعتمد على طاقة هذا الإشعاع . فقد اصطلح على استعمال وحدة الرونتجن لقياس طاقة الأشعة السينية أو أشعة جاما (Rontgen-R) ، وتعرف وحدة الرونتجن ، بأنها مقدار طاقة الأشعة السينية أو أشعة جاما التي إذا مرت في ١ كجرام من الهواء الجاف أحدثت تأيناً للهواء وذلك بتكوين أيونات موجبة وأخرى سالبة تحمل شحنة مقدارها ٢,٥٨ × ١٠$^{-٤}$ كولوم ، ومعنى ذلك أنه إذا تعرض شخص ما لهذا المقدار من الطاقة الإشعاعية يكون قد تعرض إلى واحد رونتجن .

وقد بينت الدراسة أنه لا يجب أن يتعرض الشخص تحت أي ظروف لأكثر من ٥٠ ميللى رونتجن كل عام .

ولما كان تعرض مساحة كبيرة من الجسم لإشعاع يسبب ضرراً أكثر من تعرض مساحة صغيرة لنفس الإشعاع ، لذلك فقد أتفق على استخدام وحدة جديدة تسمى "الراب" وهي اختصار للمصطلح الإنجليزي (Rontgen Area Product) (RAP) ويقاس بها حاصل ضرب التعرض الإشعاعي مقاساً بوحدة الرونتجن في المساحة المعرضة بالسنتيمترات المربعة ، وعلى ذلك فإن ١ راب يساوى ١٠٠ رونتجن* سم٢ . على سبيل المثال إذا تعرض شخص ما في عيادة تصوير بالأشعة السينية لمقدار ٠,٥ رونتجن والمساحة المعرضة للإشعاع حوالي ٢٥ سم٢ فإنه بذلك قد تعرض إلى ٠,٥ × ٢٥ = ١٢,٥ رونتجن* سم٢ وحيث أن الراب = ١٠٠ رونتجن* سم٢ لذلك فهو قد تعرض إلى إشعاع مقداره ٠,١٢٥ راب .

(ج) وحدات امتصاص الإشعاع :

لا تمثل وحدة الرونتجن أي شئ بالنسبة لجرعة الإشعاع التي تمتص بواسطة جزء من الجسم ، ولذلك تم تعريف وحدة جديدة لجرعة الإشعاع الممتصة بواسطة الجسم ، هذه الوحدة أطلق عليها أسم "الراد" وهي اختصار للمصطلح الإنجليزي Radiation Absorbed Dos (RAD) هذه الوحدة تمثل مقدار ١٠٠ إرج من الطاقة الإشعاعية التي يمتصها جرام واحد من

الأنسجة عند تعرضها للإشعاع . ووحدة "الراد" يمكن استخدامها لأي نوع من الإشعاع وفي أي وسط .

بينما وحدة الرونتجن تستخدم فقط لطاقة الأشعة السينية أو أشعة جاما في الهواء . وقد تم تعريف "الراد" على أساس أنه إذا تعرضت الأنسجة الرخوة للجسم لواحد رونتجن فإن الجرعة الممتصة بالجسم تساوى رادا واحداً .

وفي عام ذ٩٧٥ ، تم استعمال وحدة جديدة لامتصاص الإشعاع بالجسم أطلق عليها أسم الجرأي (Gray) تكريماً لاسم العالم "هارولد جرأي" . هذه الوحدة تساوى ١٠٠ راد (مائة راد) .

وعلى ذلك فإنه إذا تعرض الجسم لإشعاع نووي امتص طاقة مقدارها ١ جول بواسطة ١ كيلو جرام من الأنسجة بالجسم فإن الجسم يكون قد امتص جرعة إشعاع مقدارها ١ جرأي أي أن ١ جرأي = ١ جول/ كيلو جرام = ١٠ ٧ أرج/١٠ ٣ جرام = ١٠ ٤ أرج / جرام = ١٠٠ راد .

(د) التأثير البيولوجي النسبي للإشعاع :

بما أن الضرر الناشئ من الإشعاع النووي لا يتوقف فقط على الطاقة الممتصة من ذلك الإشعاع بالجسم ، وإنما يتوقف على نوع الإشعاع ونوع الأنسجة ، وعلى ذلك فقد تم تعريف

التأثير البيولوجي النسبي لنوع معين من الإشعاع على أنه عدد الجرأي من الأشعة السينية ذات طاقة عظمى تصل إلى ٤ × ١٠^{-١٣} جول (أي ٢٥٠ كيلو إلكترون فولت) التي تنتج نفس التأثير البيولوجي لنفس الخلايا لواحد جرأي من هذا الإشعاع .

(هـ) وحدات الحماية من الإشعاع :

بغرض الحماية من الإشعاع ، تم تعريف وحدات أخرى هي الريم وهي اختصار للمصطلح الإنجليزي "Radiation Equivalent Man" (REM) ، ويقاس بها مقدار الجرعة المكافئة (Dose Equivalent) التي تساوى حاصل ضرب جرعة الامتصاص وعامل النوع للإشعاع وإذا كانت جرعة الامتصاص هي الراد فإن الجرعة المكافئة تقاس بالريم . أما إذا كانت جرعة الامتصاص هي الجراى فإن الجرعة المكافئة تسمى "السيفرت" (Sievert) . وعامل النوع للإشعاع يزيد بزيادة قدرة الإشعاع على التأين .

ومن هنا نرى أن عامل النوع بالإشعاع والتأثير البيولوجي النسبي لذلك الإشعاع لهما علاقة ببعضهما البعض ، حيث أن كليهما له علاقة بالتأثير البيولوجي الزائد للإشعاع ذي القدرة الكبيرة على التأين وإن كان التأثير البيولوجي النسبي أنواع من الإشعاع يعتمد على نوع الخلية البيولوجية أما عامل النوع للإشعاع فثابت للإشعاع الواحد ولا يعتمد على نوع الخلية البيولوجية .

الفصل الرابع

التكاثر النووي العالمي : الخريطة الحالية والمستقبلية

تنتشر حالياً على كوكب الأرض جميع أنواع التكنولوجيات الخطرة خاصة أسلحة الدمار الشامل . فكلما ظهرت تكنولوجيات جديدة في مكان ما وتعمل ، سرعان ما يحاول بعض الناس الأذكياء تقليدها ، ويعتمد ذلك على عنصر الزمن . على سبيل المثال ، بعد أن طور علماء الفيزياء بالولايات المتحدة الأمريكية أول قنبلة ذرية عام ١٩٤٥م ، حاول الأمريكيون أن يحتفظوا بهذا الإنجاز والسر العلمي ، ولم تنجح أي من الحيل والخدع الأمريكية وسرعان ما نجح الاتحاد السوفيتي (قبل التفكك) وفي عام ١٩٤٩م من اختبار قنبلته الذرية الأولى . تبعهما عام ١٩٥٢م المملكة المتحدة البريطانية ، ثم فرنسا عام ١٩٦٠م . وفي نهاية عام ١٩٦٤ أنتجت الصين قنبلتها وانضمت إلى "النادي النووي العالمي" . وفي عام ١٩٧٣م ، أجرت الهند تفجيرات نووية ، ولكنها أنكرت في حينه أنها أنتجت قنبلة نووية وبعد ٢٥ عاماً وعلى وجه الخصوص عام ١٩٩٨م ، فجرت الهند سلسلة من خمس قنابل نووية ، تبعتها باكستان بعد عدة أسابيع قليلة وفجرت قنبلتها النووية وبكل صراحة .

وبذلك ، أعلنت هذه الأمم السبع امتلاكها القنابل النووية وبالتالي قدراتها على إنتاج هذا النوع من أسلحة الدمار الشامل . والجدول (١) يوضح القدرات النووية لثلاثة وعشرين دولة . سبعة دول منهم ذكروا سلفاً وهي الدول المعلنة وتمتلك الأسلحة النووية ، بالإضافة إلى بيلاروسيا وكازاخستان وأوكرانيا وجنوب أفريقيا . وهناك على الأقل دولة واحدة وهي "إسرائيل" يعتقد أنها تملك اليوم ترسانة نووية حقيقية .

والجدير بالذكر ، أن بعض الدول المذكورة في الجدول (١) تمتلك بعض القدرات النووية ، ولكنها لم تنتج أسلحة نووية . هذه الدول هي : ١٤ دولة أوروبية واستراليا وكندا واليابان وكوريا الشمالية .

والجدول (٢) يوضح عدد المحطات النووية العاملة في العالم حتى ٣١ ديسمبر ١٩٩٥م .

أما الجدول (٣) يوضح أعداد المفاعلات النووية المستخدمة وفي العالم وعددها الكلى ٤٤٢ مفاعلاً وكذلك عمر كل منها بالسنين .

ومع التطور الهائل في مجال إنتاج أسلحة الدمار الشامل ، تهتم الدول بامتلاك قدرات خاصة في مجال الصواريخ بعيدة المدى مما تشكله من وسائل الردع الإستراتيجي وحملها لرؤوس

نووية وكيميائية أو جرثومية ، مما يهدد الأمن والسلام العالمي . والجدول (٤) يوضح الدول التي تمتلك قدرات صاروخية بالستية خلال التسعينات من القرن العشرين المنصرم .

والجدير بالذكر أن التكاثر النووي بين الدول صاحبه تطور سريع في مجال صناعة الصواريخ بعيدة المدى القادرة على حمل رؤوس أسلحة الدمار الشامل النووية والكيميائية والجرثومية وتلجأ العديد من الدول التي تمتلك هذه التكنولوجيات الخطرة إلى التمويه وإخفائها في أنفاق خاصة في أعماق الأرض . ونظراً إلى إمكانية امتلاك بعض المنظمات الإرهابية أو بعض الدول التي لا ترتبط بالمصالح الغربية جعل هذه التكنولوجيات تشكل تهديدا مباشرا لهذه الدول مما أدى إلى تغير في سياسة المواجهة الأمريكية .

ويدور الحديث الآن عن إمكانية تطوير أسلحة ونظم مراقبة جديدة يمكنها في المستقبل رصد أماكن إخفاء هذه الأسلحة وتدميرها عن طريق قنابل الأعماق .

وفي الوقت الحالي تم تطوير ما يسمى بالأتربة الذكية وهي عبارة عن قرون استشعار دقيقة لا يتعدى حجمها مللي متر واحد . وهذه المستشعرات ترتبط بشبكة اتصالات سريعة وتستطيع القيام بالمهام الآتية :

- دراسة المناخ في الفضاء وعلى الكواكب الأخرى مثل كوكب المريخ .
- تسجيل الأحداث داخل سفن الفضاء .
- تسجيل موقع الأسلحة في الأعماق السحيقة للأرض .
- الربط بين شبكات الدفاع .
- إنتاج أجهزة متابعة دقيقة .
- التحكم في جرد وحصر البضائع .

وتعتمد هذه المستشعرات على التغيرات الحرارية والضوئية والميكانيكية والاهتزازات واضغط . ويمكن تخزين المعلومات على الحاسب الآلي ومعالجتها ببرامج خاصة من خلال نظم محاكاة دقيقة .

كما أمكن تطوير صناعة القنابل الذرية صغيرة الحجم والذي أطلق عليها الخبراء اسم ميني نيوكس (mini-nuckes) ، وهذه القنابل يمكنها اختراق أعماق الأرض كالرمح وتدمير ما بها من أسلحة ومعدات خطرة دون قتل العديد من السكان فوق الأرض . وهذا النوع من القنابل الصغيرة يختلف عن الجيل القديم من القنابل النووية من طراز B61-11 والتي تم إنتاجها في حقبة التسعينات من القرن الماضي .

وبناء على ذلك أصبح الباب مفتوحاً لتطوير مثل هذه الأسلحة الفتاكة ، مما يزيد من التكاثر النووي وما يهدد أمن الأرض وسلامة مواطنيها .

جدول (١)

قائمة بالدول التي تمتلك قدرات نووية

الدول	الحالة	حجم الترسانة النووية
الولايات المتحدة الأمريكية	تمتلك	٨٥٠٠ رأس نووي إستراتيجي ٧٢٠٠ رأس نووي تكتيكي
روسيا	تمتلك	٧٠٠٠ رأس نووي إستراتيجي ١٣٠٠ رأس نووي تكتيكي
المملكة المتحدة	تمتلك	١٠٠ رأس نووي إستراتيجي ١٠٠ رأس نووي تكتيكي
فرنسا	تمتلك	٤٨٢ رأس نووي إستراتيجي – رأس نووي تكتيكي
الصين	تمتلك	٢٨٤ رأس نووي إستراتيجي ١٥٠ رأس نووي تكتيكي
بيلاروسيا	إحدى دول الاتحاد السوفيتي وتقع على أرضها جميع الأسلحة النووية ، ويعتقد انتقالها داخل روسيا في أواسط التسعينيات .	

الهند	- أجرت اختباراً نووي سلمياً عام ١٩٧٤ . - أجرت سلسلة من التفجيرات النووية عام ١٩٩٨	يتوقع لديها ٦٠ رأس نووي تكتيكي
إسرائيل	لم تعترف بامتلاكها ترسانة نووية	يتوقع لديها أكثر من ١٠٠ رأس نووي
باكستان	أجرت سلسلة من التفجيرات النووية عام ١٩٤٨	يتوقع لديها من ١٥ - ٢٥ رأساً نووياً
إيران	لديها قدرات نووية ويعتقد أن نشاطها النووي كبير	يتوقع قدراتها على بناء اسلحة نووية خلال ٧-١٠ سنوات
العراق	لديه نشاط نووي منذ السبعينات	الموقف غير واضح منذ حرب الخليج عام ١٩٩١م
ليبيا	لديها نشاط نووي	يتوقع امتلاكها أسلحة نووية خلال ٢٥ عام
كوريا الشمالية	جمدت برنامجها النووي عام ١٩٩٤	يتوقع قدرتها على صناعة ١٢ رأساً نووياً في العام

الجزائر	أعلنت عام ١٩٩٥م عن محاولة لتنشيط برنامجها النووي . لديها برنامج نووي منذ السبعينات	لا يوجد
الأرجنتين	أعلنت عزمها إنتاج أسلحة نووية خلال التسعينيات	لا يوجد
البرازيل	لديها برنامج نووي منذ الثمانينيات .أعلنت عزمها إنتاج أسلحة نووية عام ١٩٩٠م .	لا يوجد
أوكرانيا	– إحدى دول الاتحاد السوفيتى السابق . – انتقلت جميع الأسلحة النووية على أرضها إلى داخل الأراضي الروسية منذ يونيو ١٩٩٦ .	لا يوجد
رومانيا	– لديها نشاط نووي .	لا يوجد

جنوب أفريقيا	نجحت في إجراء تجارب نووية سرية . أنهت برنامجها النووي عام ١٩٨٩	٦ أسلحة نووية وتسهيلات نووية تم تفكيكها عام ١٩٩٨م

جدول (٢)
عدد محطات الطاقة النووية العاملة في العالم
حتى ٣١ ديسمبر ١٩٩٥

الدول	العدد
الولايات المتحدة الأمريكية	١٠٩
فرنسا	٥٦
اليابان	٥١
المملكة المتحدة	٣٥
روسيا	٢٩
كندا	٢١
ألمانيا	٢٠
أوكرانيا	١٦
السويد	١٢
كوريا الجنوبية	١١
الهند	١٠
إسبانيا	٩
بلجيكا	٧

بلغاريا	٦
تايوان	٦
سويسرا	٥
جمهورية تشيك	٤
فنلندا	٤
المجر	٤
جمهورية سلوفاك	٤
الصين الشعبية	٣
الأرجنتين	٢
ليتوانيا	٢
المكسيك	٢
هولندا	٢
جنوب أفريقيا	٢
أرمينيا	١
البرازيل	١
كازاخستان	١
باكستان	١
سلوفانيا	١
المجموع	**٤٣٧ محطة نووية**

جدول (٣)
توزيع المفاعلات العاملة مقسمة إلى عمرها
حتى ٣١ ديسمبر ١٩٩٥

عمر المفاعل (بالسنين)	عدد المفاعلات
حتى عامين	١٠
٣ – ٥	١٩
٦– ٨	٣٥
٩ – ١١	٩٠
١٢ – ١٤	٧٣
١٥ – ١٧	٥١
١٨ – ٢٠	٥٠
٢١ – ٢٣	٥٣
٢٤ – ٢٦	٣٠
٢٧ – ٢٩	١٣
٣٠ – ٤٠	١٨
المجموع	٤٤٢ مفاعلاً نووياً

جدول (٤)

الدول التي تمتلك قدرات صاروخية بالستية خلال التسعينيات

الدولة	طبيعة الصواريخ أو البرنامج الصاروخي	مدي الصاروخ بالميل
الولايات المتحدة الأمريكية	تمتلك صواريخ طويلة المدى	٨١٠٠
الاتحاد السوفيتي الرسمي	تمتلك صواريخ طويلة المدى	٨١٠٠
المملكة المتحدة	تمتلك صواريخ طويلة المدى	٣٠٠٠ (شراء)
فرنسا	تمتلك صواريخ طويلة المدى	٢١٧٥
الصين	تمتلك صواريخ طويلة المدى	٨١٠٠
اليابان	برنامج فضائي متقدم	٦٢٠٠
إسرائيل	برنامج صاروخي وبرنامج فضائي متقدم	٩٠٠ صاروخي ٣١٠٠ فضائي
الهند	برنامج صاروخي وبرنامج فضائي متقدم	١٥٠ و ١٥٠٠(*) صاروخي ٨٠٠٠(*) فضائي
كوريا الشمالية	برنامج صاروخي	١٧٥ و ٣٧٥ و ١٢٥٠(*)
مصر	برنامج صاروخي	١٧٥ و ٧٥٠٠(*) صاروخي

(*) برنامج تحت التطوير

إيران	برنامج صاروخي وشراء صواريخ	٨٠ و ١٠٠ و ٨٠٠ صاروخي (١٧٥) شراء
كوريا الجنوبية	برنامج صاروخي	١٥٠
البرازيل	بحث وتطوير لإنتاج الصواريخ	٢٥٠٠(*) فضائي
جنوب أفريقيا	بحث وتطوير لإنتاج الصواريخ	٩٠٠ (*) صاروخي
الأرجنتين	بحث وتطوير لإنتاج الصواريخ	٧٥٠ صاروخي
تايوان	بحث وتطوير لإنتاج الصواريخ	٣٧٥ صاروخي
باكستان	بحث وتطوير لإنتاج الصواريخ	١٧٥ صاروخ شراء ٣٧٥ (*) صاروخي
إندونيسيا	بحث وتطوير لإنتاج الصواريخ	٦٥ (*) صاروخي
السعودية	ليس لديها برنامج	١٦٧٥ شراء
بلغاريا	ليس لديها برنامج	٣١٠ شراء
تشيكوسلوفاكيا	ليس لديها برنامج	٣١٠ شراء
أفغانستان	ليس لديها برنامج	١٧٥ شراء

(*) برنامج تحت التطوير.

المجر	ليس لديها برنامج	١٧٥ شراء
ليبيا	ليس لديها برنامج	١٧٥ شراء
بولندا	ليس لديها برنامج	١٧٥ شراء
رومانيا	ليس لديها برنامج	١٧٥ شراء
سوريا	ليس لديها برنامج	١٧٥ شراء
اليمن	ليس لديها برنامج	١٧٥ شراء
كوبا	ليس لديها برنامج	٤٥ شراء

الفصل الخامس

الإشعاع النووي وصحة الإنسان

مُقَدِّمَة

يحتوى الجسم البشرى على نسبة مرتفعة من عناصر الكربون والهيدروجين والبوتاسيوم ، هذه العناصر تتكون أحياناً من بعض النظائر المشعة والتي تتكون بفعل الأشعة الكونية ومن ثم تأخذ طريقها إلى الجسم . كما تبين أن الجسم يحتوى أيضاً على نسبة من ذرات عناصر اليورانيوم والثوريوم المشع التي تصل إليه عن طريق الغذاء ، حيث تتواجد هذه العناصر في التربة الزراعية ، وتتحلل هذه الذرات داخل الجسم وتصدر إشعاعاً وينتج عن ذلك في النهاية تكون عنصر الرصاص المستقر . ومعظم الذرات المتحللة لا تسبب إلا ضرراً بسيطاً للجسم ، وذلك لأن فترة بقائها تكون قصيرة . والاستثناء الوحيد لذلك هو عنصر الراديوم . هذا العنصر يشبه عنصر الكالسيوم في خصائصه الكيميائية . فهو يدخل تركيب العظام ويستقر بها فترة طويلة ، ومن ثم فإن جرعة الإشعاع تتزايد وتسبب ضرراً للجسم .

بالإضافة إلى ذلك ، فإن الجسم البشرى يتعرض للإشعاع الذي يأتي من مصادر خارجية مثل الأشعة الكونية ، وأشعة

جاما الناتجة من ذرات عناصر البوتاسيوم والثوريوم واليورانيوم المشعة ، كما تحتوى الحوائط والبنايات على عناصر مشعةِ تضاعف من الإشعاع الخارجي الذي يتعرض له الجسم .

ينبغي أن نؤكد على حقيقة أساسية وهي أن كمية الإشعاع التي يتعرض لها الجسم من الداخل أو الخارج قليلة وثابتة ، ومن ثم يمكن للجسم أن يبرأ منها دون آثار ضارة .

ومع ذلك فإنه قد اتضح أن نواتج التفاعلات النووية المشعة مثل عناصر السيزيوم ونظائر الاسترانسيوم والبلوتونيوم واليود والكربون ذات تأثير ضار ، حيث أنها تنتقل إلى الجسم عن طريق الغذاء . وقد ثبت أن بعضاً من هذه العناصر تستقر بالعظام والبعض الآخر من عنصر اليود تستقر في الغدد الدراقية واللعابية وأيضاً في أنوية خلايا الأنسجة . وبصفة عامة فإن تراكم جرعات قليلة يومياً من الإشعاع يمكن على مدى عام واحد أن يؤدى إلى تأثيرات ضارة بالجسم .

ومخاطر الإشعاع النووي على الأنسجة الحية ذو تأثيرين مختلفين هما : التأثير الكيميائي والتأثير البيولوجي .

التأثير الكيميائي للإشعاع النووي :

بالنسبة للتأثير الكيميائي ، فإن الإشعاع النووي ينقسم إلى نوعين هما :

١- أشعة لها شحنة كهربائية مثل : جسيمات ألفا وجسيمات بيتا والبروتونات والبوزيترونات .

٢- أشعة ليس لها شحنة كهربائية مثل : أشعة جاما والأشعة السينية والنيوترونات .

٣- وكلا النوعين يحدث تأينا عندما يتخلل الأنسجة الحية . فالأشعة التي لها شحنة كهربائية تحدث التأين بسبب قوة التجاذب أو التنافر بينها وبين الشحنات الكهربائية الموجودة في جزيئات الأنسجة . أما الأشعة التي ليس لها شحنة ، فإنها تسبب التأين نتيجة للتصادم المباشر بينها وبين شحنات جزيئات تلك الأنسجة .

ومن المعروف لنا ، أن الجزيئات البيولوجية ترتبط بعضها مع بعض برابطة تساهمية ؛ حيث تشترك مع بعضها في بعض أو كل الإلكترونات الموجودة بالمدارات الخارجية للذرات . ولذلك فإن مرور الأشعة النووية خلال الأنسجة الحية يؤدى إلى انقسام هذه الجزيئات إلى أجزاء مشحونة تسمى أيونات ، وبالتالي يؤدى هذا الانقسام إلى خلل في النشاط الكيميائي الحيوي لهذه الجزيئات ، كذلك ، فإن تفاعل الأجزاء المنقسمة المشحونة مع بعض المركبات الكيميائية الحيوية بالجسم يعمل على إحداث خلل في النشاط الكيميائي لهذه المركبات .

ومن ناحية أخرى ، يؤدى مرور الأشعة النووية خلال الأنسجة الحية إلى انقسام هذه الأنسجة إلى أجزاء غير مشحونة (متعادلة) تسمى "راديكاليات حرة" تكون نشطة كيميائيا بدرجة أكبر من الأجزاء المشحونة السابق الإشارة إليها ، وذلك لأنها تميل بشدة إلى الاتحاد مع الجزيئات البيولوجية الأخرى ومن ثم ، فإنها تسبب خللاً أكبر في النشاط الكيميائي الحيوي لتلك الجزيئات ، وتتفاعل هذه الراديكاليات الحرة مع بعضها ويؤدى ذلك إلى تكوين مركبات جديدة سامة بالجسم .

التأثير البيولوجي للإشعاع :

أما بالنسبة للتأثير البيولوجي بالإشعاع النووي ، فإنه يتوقف على درجة الإتلاف الذي يسببها الإشعاع للخلايا الحية التي يتكون منها الجسم .

ولقد اتضح من دراسة علم الخلية أنها – فضلاً عن كونها مكوناً أولياً للجسم تتمثل فيها كافة الخصائص التي تميز الكائن الحى ، فهي تتغذى وتتحرك وتنمو وتتنفس وتخرج وتتكاثر وإن كان بعض أنواعها يفتقد واحدة أو أكثر من هذه الخصائص مثل الخلايا العصبية التي ليس لها القدرة على التكاثر ومن مجموع هذه الخلايا يتكون الجسم الحى ويستمد قدرته على القيام بشتى وظائفه .

وتتركب الخلية من كتلة بروتوبلازمية تمثل المادة الحية ، محاطة بغشاء يطلق عليه جدار الخلية ، هذا الغشاء يتحكم في مرور المواد الغذائية والعناصر الهامة إلى داخل الخلية ومرور المواد الإخراجية إلى خارجها . فهو غشاء يسمح بمرور بعض المواد ولا يسمح بمرور بعضها الآخر . وذلك حسب احتياجات الخلية .

وتتكون الكتلة البروتوبلازمية من سائل يسمى "السيتوبلازم" تسبح فيه بعض مكونات الخلية ، وتكون مهمتها القيام بعملية التمثيل الغذائي ، كما تحتوى هذه الكتلة على النواة ، ويستثنى من ذلك بعض الخلايا مثل كرات الدم الحمراء في الثدييات التي تفتقر إلى النواة خاصة في الأطوار المتأخرة من تكوينها .

ومن المعروف أن نواة الخلية تحتوى على شبكة الكروموسومات التي تتضح بها الصفات الوراثية لهذه الخلية إن كانت خلية من الجسد أو تتضح بها الصفات الوراثية للكائن الحى إن كانت خلية إخصاب ؛ والنواة مسئولة عن كل العمليات الحيوية التي تحدث داخل الخلية ، كما أنها تكون مسئولة عن انقسام الخلية وتكوين خلايا جديدة في حالة النمو ، أو تعويض ما يتلف من خلايا ، ومن ثم فإن تلف النواة يؤدى إلى تلف الخلية بكاملها . وقد ثبت عمليًا أن بعض الخلايا يمكنه أن يعيش

فترة محدودة بدون نواة . غير أن نشاط الخلية يكون محدوداً ولا تستطيع أن تقوم بعملية البناء .

وقد وجد أن معظم الخلايا يمكنها أن تعيش بعد التعرض للإشعاع النووي ، ولكن أثر الإشعاع النووي يبدو جلياً عند انقسام الخلية ، حيث يؤدى في معظم الأحيان إلى موتها ، ولذلك نجد أن أكثر الخلايا حساسية للإشعاع النووي هي التي تنقسم بمعدل كبير ، وأن الخلايا التي تتحمل الإشعاع هي التي لا تنقسم وتوجد عدة أنواع هامة من الخلايا التي تلعب دوراً حيوياً عند الأضرار بها بواسطة الإشعاع النووي والتي تسبب خللاً كبيراً بالجسم ، نذكر منها على سبيل المثال :

١- الخلايا العصبية :

هي خلايا لا غنى للجسم عنها ، فهي مسئولة عن الإحساس والحركة وتنظيم وظائف الأعضاء المختلفة ، ولقد تبين أن هذا النوع من الخلايا يفتقد القدرة على الانقسام وتكوين خلايا جديدة ، رغم احتوائها على نواة داخلها ، ولا ينفي ذلك قدرتها على إعادة بناء بعض الأجزاء التالفة منها .

٢- كرات الدم الحمراء :

ويبلغ عددها بالدم نحو ٥ ملايين خلية لكل مليمتر مكعب من الدم ، وتتمثل وظيفتها الأساسية في نقل الأكسجين من الرئة إلى الخلايا ، وكذلك نقل ثاني أكسيد الكربون من الخلايا إلى الرئة . وتنتج كرات الدم الحمراء في نخاع العظم ويتراوح

عمرها بين ٩٠ إلى ١٢٠ يومًا ، كما أنها لا تحتوى على نواة بداخلها ولا يمكنها أن تنقسم .

٣- خلايا المناعة بالجسم :

وهي خلايا وظيفتها الدفاع عن الجسم ضد أي بكتريا موجودة بالجسم أو عندما تهاجم الميكروبات الجسم . وهذه الخلايا موجودة بالأنسجة المختلفة للجسم كالعظم والرئة والجلد وأحياناً تتواجد بالدم في صورة كرات الدم البيضاء هذه الكرات يبلغ عددها ٧٠٠٠ في كل مليمتر مكعب من الدم في الشخص البالغ ، ويوجد نوعان من كرات الدم البيضاء أحدهما يتكون داخل النخاع العظمى ويطلق عليه أسم كرات الدم البيضاء الحبيبية أما النوع الثاني فيتكون داخل العقد الليمفاوية ويطلق عليه كرات الدم ، البيضاء اللنفاوية .

٤- الصفائح الدموية :

وعددها بين ٢٠٠ ألف إلى ٤٠٠ ألف صفيحة لكل مليمتر مكعب من الدم . ووظيفتها الرئيسية هي التجلط ومن ثم إيقاف النزيف ، وتتكون داخل النخاع العظمى .

٥- الخلايا المبطنة لجدار الأمعاء :

ووظيفتها امتصاص المواد الغذائية المهضومة بالأمعاء . كما أنها تقوم بحجز البكتريا الموجودة في الأمعاء وتمنع وصولها إلى باقي خلايا الجسم . وإذا أصيبت هذه الخلايا

بالتلف ، فهذا يعنى انتقال البكتريا مباشرة إلى الدم ومنه إلى خلايا الجسم الأخرى .

٦- الخلايا المنتجة لمكونات الدم :

هذه الخلايا تتواجد بالطحال والنخاع العظمى والكبد والعقد اللنفاوية ، وهي مسئولة إنتاج كرات الدم الحمراء والبيضاء علاوة عن إنتاج الصفائح الدموية . يوجد نوعان من التأثير البيولوجي للإشعاع النووي هما :

(أ) التأثير الجسدي :

حيث يؤثر الإشعاع النووي على خلايا الجسم ومن أعراضه سقوط الشعر واحمرار الجلد .

(ب) التأثير الوراثي :

حيث يؤثر الإشعاع النووي على خلايا الإخصاب وبالتالي يترك بصماته على الأجيال القادمة ويتوقف التأثير الجسدي للإشعاع على كمية هذا الإشعاع ونوعه ومساحة الجسم المعرضة له ، وكذلك يعتمد عُلى عمر الشخص الذي يتعرض للإشعاع ، فكلما صغر السن كلما ازداد ضرر الإشعاع . وتعد فترة ما بعد الولادة أخطر فترة من حيث التأثير بالإشعاع ، ويرجع ذلك إلى حساسية الأجنة للإشعاع ، وقد يؤدى ذلك الإشعاع إلى موت هذه الأجنة في بعض الحالات .

ولقد اتضح أن التأثير الضار للإشعاع يتزايد كلما ازداد النشاط الكيميائي للجسم وهذا بدوره يتوقف على درجة حرارة الجسم من ناحية ومعدل التمثيل الغذائي من ناحية أخرى .

وخطورة المواد المشعة تبدو جلية إذا ما دخلت الجسم عن طريق الجهاز التنفسي أو الجهاز الهضمي ، فإذا دخلت المواد المشعة جسم الإنسان فإن مدى خطورتها يتوقف على الخواص الفيزيائية الحيوية والكيميائية الحيوية لتلك المواد المشعة . فإذا كانت المادة المشعة من النوع الذي يذوب في الماء . فإنها ستصل سريعا إلى الدم ، حيث يتم توزيعها على جميع خلايا الجسم ، أما إذا كانت المادة المشعة من النوع الذي لا يذوب في الماء ، فإنها سوف تمر بالقناة الهضمية دون أن يمتصها الجسم ، ومن ثم يكون ضررها ضعيفا .

وقد تدخل المادة المشعة التي لا تذوب في الماء عن طريق التنفس ومنها تنتقل ببطء إلى العقد اللنفاوية أو الطحال والكبد وفي النهاية تصل إلى الجزء الأسفل من القناة الهضمية ، وهكذا تكون هذه الأماكن قد تعرضت لمقدار كبير من الإشعاع ، وفي حالة وصول المادة المشعة إلى الدم ، فإن مصيرها يتوقف على الخصائص الكيميائية الحيوية لها .

على سبيل المثال نجد أن عنصر الصوديوم ينتشر في جميع خلايا الجسم ، ويحدث نفس الشيء بالنسبة للعناصر التي

تشبهه كيميائيا مثل البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم . ويطبق هذا الوضع أيضاً على الكربون المشع إذا استنشقه الشخص في صورة ثاني أكسيد الكربون ، وأيضاً نظير الهيدروجين المشع إذا ما دخل الجسم على صورة ماء ، وكذلك الغازات الخاملة مثل النيون والأرجون والكربتون والزينون والرادون ومن الممكن أن يحدث انتشار أيضاً في حالة الهليوم والنيتروجين والأوكسجين .

أما المواد المشعة الأخرى ، فإنها لا تنتشر في الجسم ولكنها تتجمع في مواضع محددة بالجسم ، ولذلك نرى أن العضو الذي تجمعت به تلك المادة يكون أكثر تعرضاً لأكبر كم من الإشعاع .

ومما سبق يمكننا القول أن القدر الذي ينشأ عن دخول المواد المشعة الجسم يتوقف على ما يلي :

١- نوع الإشعاع .
٢- طاقة الإشعاع .
٣- كمية المادة المشعة بالجسم .
٤- الفترة الزمنية المؤثرة التي تقضيها المادة المشعة بالجسم .

<u>كيفية التعرض للإشعاع</u> :

والآن نتطرق على موضوع هام وهو كيفية التعرض للإشعاع وأعراضه .

توجد حالتان من التعرض للإشعاع النووي هما :

الحالة الأولى : تكون مدة التعرض للإشعاع قصيرة ، ويتعرض خلالها الشخص لجرعة حادة من الإشعاع ، ويتم ذلك بشكل مفاجئ ، وهذه الحالة تكون نتيجة وقوع حوادث من نوع تسريب الإشعاع أو ما إلى ذلك ، حيث تظهر الأعراض البيولوجية على الجسم بعد فترة قصيرة من تعرضه للإشعاع .

الحالة الثانية : تكون مدة التعرض للإشعاع طويلة ، ويتعرض فيها الشخص لجرعات مستمرة من الإشعاع ، وقد لا يظهر أثرها البيولوجي على الجسم قبل مرور عدة سنوات ، وهذه الحالة تكون إما نتيجة الإهمال في توفير الحماية من الإشعاع أو نتيجة دخول مواد مشعة إلى الجسم سواء عن طريق الجهاز التنفسي أو الجهاز الهضمي ، وبقاء هذه المواد داخل الجسم لفترة طويلة ويطلق على هذه الحالة "التعرض المزمن" .

وبالنسبة لأعراض الإشعاع إذا تعرض الشخص لجرعة حادة مفاجئة من الإشعاع ، يلاحظ أنه تظهر عليه بعض الأعراض البيولوجية العامة مثل الغثيان والقيء والإجهاد والضعف العام وارتفاع في درجة حرارة الجسم بالإضافة إلى حدوث بعض التغيرات في مركبات الدم ، ومدى التغيير الذي يحدث في الدم ، يعتبر من أهم الاختبارات التي تثبت تعرض الجسم للإشعاع حتى ولو بجرعة متوسطة مقدارها ٢٥ راد .

وقد ثبت علميا أن عدد كرات الدم البيضاء تزداد بدرجة كبيرة بعد التعرض للإشعاع بجرعة غير مميتة ثم تنخفض تدريجيا بعد يوم واحد من التعرض للإشعاع حتى تصل إلى أدنى قيمة لها بعد أسابيع قليلة ، أما كرات الدم البيضاء اللنفاوية فينخفض عددها بشدة بعد التعرض للإشعاع مباشرة وتظل على هذا الوضع لعدة شهور . وغنى عن القول فإن نقص عدد الكرات البيضاء ، في الدم يجعل الجسم عرضه لمهاجمة البكتريا باستمرار .

ومن المعروف أيضاً أن نقص كرات الدم الحمراء يؤدى إلى الشعور بالضعف العام نظراً لقلة الأوكسجين الذي يصل إلى خلايا الجسم . . وبالنسبة إلى الصفائح الدموية فإنها تبدأ في النقص التدريجي إلى أدنى قيمة لها خلال شهر واحد من عملية التعرض وبعد ذلك تعود إلى الوضع الطبيعي ، وقد يستغرق ذلك عدة شهور .

ومن أعراض نقص الصفائح الدموية حدوث نزيف في الأنف والأمعاء وعدم التئام الجروح ، ويتوقف ذلك على مقدار جرعة الإشعاع التي يتعرض لها الفرد .

فيما يلي سوف نوضح الأعراض الناتجة عن تعرض الجسم لجرعات متزايدة من الإشعاع النووي تتراوح في المقدار بين ٢٠٠ راد إلى ٢٠٠٠ راد ، فإذا أخذ الجسم جرعة من أشعة

جاما على سبيل المثال مقدارها ٢٠٠ راد ، نجد أن هذه الجرعة تؤثر على النخاع العظمى الذي ينتج كرات الدم ويترتب على ذلك انخفاض واضح في كرات الدم والصفائح الدموية فضلاً عن الإصابة بالغثيان والقيء . ويحدث ذلك في الساعات القليلة التي تعقب فترة تعرض الجسم للإشعاع ، ويشعر الشخص أيضاً بضعف وإعياء شديدين قد يؤدى الأمر إلى حدوث وفاة في مدة أقصاها شهرين من عملية التعرض .

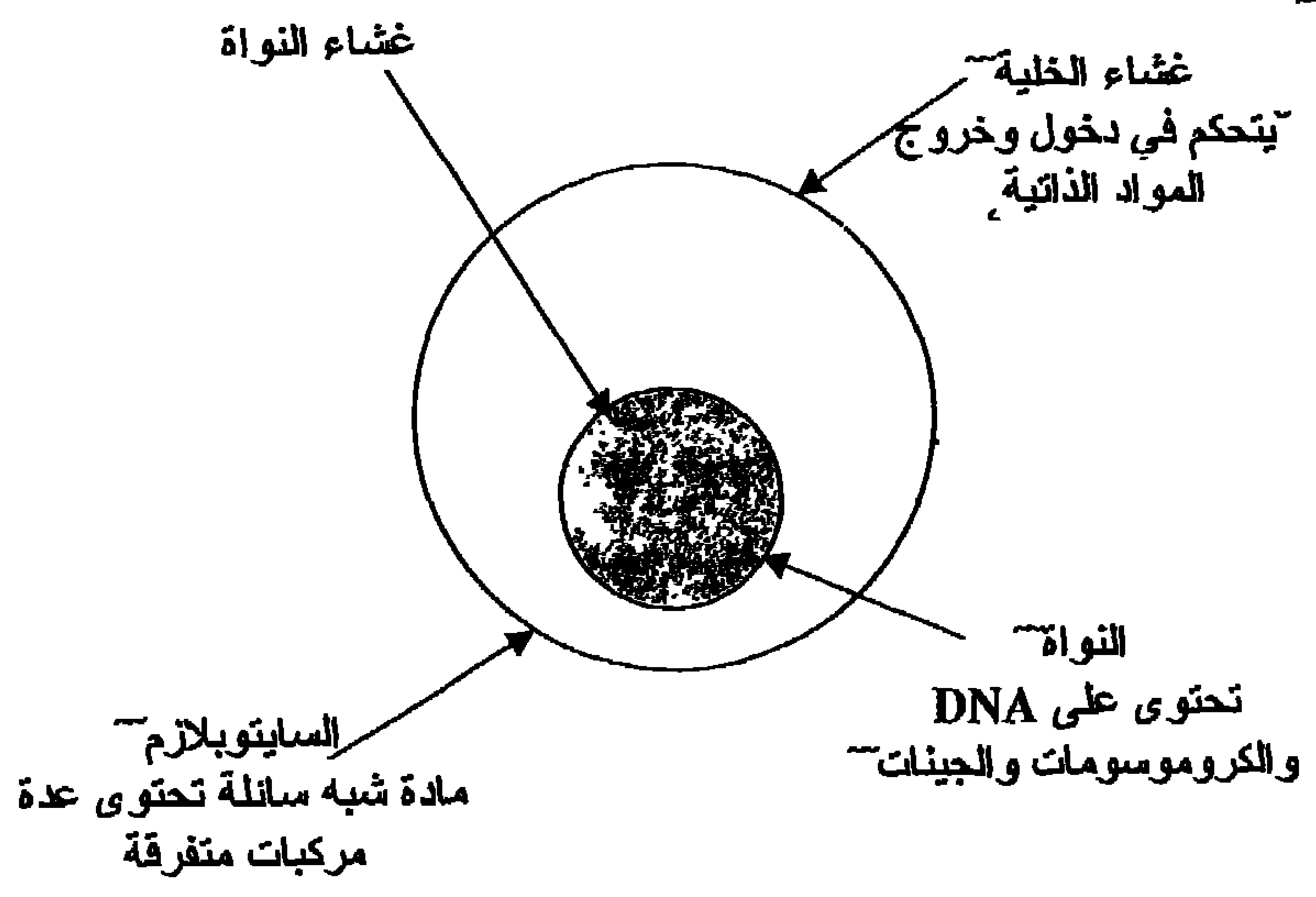
وفي حالة زيادة الجرعة من أشعة جاما لتصبح ٤٠٠ راد إلى ٦٠٠ راد ، فإن النخاع العظمى يتوقف عن العمل تماما؟ ولكن قد يعود النخاع للنمو التلقائي إذا ما تم معالجة الآثار الناجمة عن نقص كرات الدم .

أما في حالة زيادة الجرعة من أشعة جاما إلى ٧٠٠ راد فيصاب النخاع العظمى بالشلل التام ولا ينمو تلقائيا مرة أخرى ، وتعتبر هذه الجرعة مميتة . وعند تعرض الجسم لجرعة من أشعة جاما مقدارها ١٠٠٠ راد تصاب الخلايا المبطنة لجدار الأمعاء بتلف شديد ويصاحب ذلك نقص في كرات الدم وأيضاً يحدث غثيان وقيء وإسهال حاد ، وقد تحدث الوفاة في خلال أسبوعين على الأكثر .

وعند زيادة الجرعة المشعة عن ٢٠٠٠ راد ، يؤدى ذلك إلى تلف الجهاز العصبي المركزي وكذلك الأجهزة الحيوية

بالجسم ، ويفقد الشخص وعيه بعد عدة دقائق من التعرض الإشعاعي وتقع الوفاة في مثل هذه الحالات خلال عدة ساعات أو أيام على الأكثر .

بالإضافة إلى ذلك هناك بعض الأعراض التي تسبب حروقا في الجلد أو التهاباً في جفن العين وكذلك القرنية ، وقد يحدث تلف في الأجهزة التناسلية بالجسم ؛ مما يسبب العقم عند الرجال والنساء ومن الأعراض البيولوجية للتعرض المزمن للإشعاع هو الإصابة بالأنواع المختلفة من السرطان وقصر العمر وإصابة العين بالمياه البيضاء علاوة على بعض التغيرات الوراثية المختلفة .



رسم تخطيطي لتركيب الخلية البشرية

الفصل السادس

السموم النووية الكوكبية

مُقَدِّمَة

شهد العالم خلال هذا القرن تطوراً هائلاً للتكنولوجيا النووية وتطبيقاتها في شتى المجالات السلمية والعسكرية على حد سواء ، وتعتبر هذه التكنولوجيا حتى الآن من الأسرار العسكرية للدول المتقدمة ، التي تسيطر على الأسواق ، خاصة في مجال الأجهزة والمعدات العلمية التي تعتمد على المواد النووية المشعة ، هذه الأجهزة تستخدم في جميع الدول المتقدمة والنامية في المجالات الطبية والزراعية والصناعية وفي مجال بحوث الطاقة وتطوير البحث العلمي .

حالياً ، أصبح الإشعاع النووي أحد الأمور المهمة التي لا غنى عنها في حياتنا المعاصرة ، وأصبحت الحاجة له متزايدة لتطور المجتمع وتنميته وبالرغم من الفوائد العديدة للإشعاع النووي ، إلا أنه يشكل أضراراً واضحة بالصحة والبيئة ، وقد يؤثر على العامل الوراثي للبشرية . وتعتبر المواد المشعة من السموم النووية التي تهدد سكان كوكبنا . ولكن ما دام الاستغناء عن استعمال المواد المشعة أصبح مستحيلاً فقد أصبح من

الضروري إجراء دراسة كاملة للاستفادة من خبرات الدول المتقدمة في الحماية والوقاية من مخاطر الإشعاع النووي ، وذلك من أجل توسيع دائرة التثقيف بها للمواطنين والمشتغلين بهذه المواد الخطيرة ، للوقاية التامة منها أو إلى تحديد الأضرار ، كي لا يختل التوازن بين الفوائد والمضار ، بحيث تكون الضريبة التي ندفعها من صحتنا وبيئتنا أكبر مما نستفيد به .

وفي الآونة الأخيرة ، تزايد الاستعمال التطبيقي للإشعاع في المجتمعات العربية ، ولذلك يناشد المؤلف كافة المسئولين والقائمين على شئون البيئة ورجال الإعلام والصحافة الاهتمام بموضوع الوقاية بغرض حماية وطننا ومواطنينا من التعرض غير الضروري للإشعاع النووي ، ويتم ذلك بنشر المزيد من المعلومات عن مخاطر الإشعاع وطرق الوقاية منه .

وفيما يلي سوف أتطرق لبعض الحقائق العلمية عن المواد المشعة ومصادر التلوث الإشعاعي ومخاطرة وطرق الوقاية منه .

مصادر المواد المشعة :

بداية تعرف المواد المشعة في ثلاثة مصادر مختلفة هي : المصادر الطبيعية ، التي تتواجد فيها بعض العناصر التي تتكون من نظائر غير مستقرة تكون مشعة مثل عناصر اليورانيوم

والبلوتنيوم والراديوم وخلافة ، والأشعة الكونية التي تأتى إلينا من الفضاء الخارجي ، بالإضافة إلى المواد المشعة والمنتجة بطريقة صناعية ، وينتج عن هذه المواد مجتمعة أشعة نووية متعددة أهمها جسيمات ألفا موجبة الشحنة وجسيمات بيتا سالبة الشحنة وأشعة جاما والأشعة النيوترونية والبوزيترونية (أشعة بيتا موجبة الشحنة) وأيضاً الأشعة السينية ، ومن أهم العناصر المشعة التي تنتج بطريقة صناعية على سبيل المثال باستخدام المفاعلات النووية هي نظير الكربون-١٤ والرادون وبوتاسيوم-٤٠ والراديوم والراديوثوريوم والميزوثوريوم وأيضاً عنصر الكوبلت-٦٠ .

وللأسف الشديد اتجه العديد من رجال الصناعة إلى استعمال المواد المشعة في أغراض تجارية . بالإضافة إلى استعمال هذه المواد في مجال الخدمات الطبية بغرض التشخيص والعلاج ، على سبيل المثال تبين أن ٧٥% إلى ٩٠% من المواطنين الذين يتم تشخيص حالاتهم المرضية بتعرضهم للأشعة السينية بصفة مستمرة عرضة للإصابة بالعديد من الأمراض ، ووجد أن أكثر مناطق الجسم حساسية للإشعاع النووي هي نخاع العظام وهو موطن الخلايا الأولية لتكوين الدم . ويمكن أن يؤدى تشعيع هذه المناطق إلى توليد سرطان الدم (اللوكيميا) أما تشعيع الأعضاء والأجهزة التناسلية فيهدد باحتمال التليف الجيني ، ولابد من تحذير النساء الحوامل من

مغبة التعرض للإشعاع النووي لأنه يقود إلى تشوه بدني وعقلي في الأطفال .

ومن أهم الموضوعات التي أثيرت في مجال تلوث البيئة هي المخلفات النووية ، فقد نشأ عن زيادة استعمال النظائر المشعة وعلى وجه الخصوص في تطوير صناعة الطاقة النووية إلى إنتاج كمية كبيرة من المخلفات النووية وتزايد هذه المخلفات باستمرار ويؤدى الطرح المستمر لهذه المخلفات في البيئة إلى زيادة تعرض عدد كبير من السكان إلى هذه المصادر. ومن المتوقع أن هذا الخطر يزداد مادام بناء المحطات النووية في تزايد مستمر .

ومن أجل ذلك لابد من وضع القواعد والقوانين المنظمة للسيطرة الصارمة لاحتواء طرح المخلفات الإشعاعية في البيئة .

مخاطر الإشعاع النووي :

ومن المخاطر الرئيسية للإشعاع النووي ما يسمى "بالغبار الذرى" الناتج بسبب إجراء تجارب على الأسلحة النووية . والنويدات المتولدة عن هذه التجارب تكون مشابهة لتلك النويدات المتولدة من محطات الطاقة النووية ، وأهم نويدتين هما : الأسترونتيوم–٩٠ الذي يتركز في جمجمة الرأس والسيزيوم ١٣٧ الذي يتوزع بانتظام خلال الجسم ، ومن مخاطر النويدات

المشعة الناشئة عن التجارب النووية ، أنها تتسرب إلى طبقة التروبوسفير على ارتفاع ما يقرب من ٦٠,٠٠٠ قدم من سطح الأرض وتحوم حول الأرض عدة مرات حتى تعود بالتدريج إلى الأرض خلال عدة سنوات ، وبالتالي فهي تؤدى إلى جرعة إشعاعية لا يستهان بها على سكان الأرض .

ومنذ عرف الإنسان أضرار الإشعاع النووي ، انبثقت الهيئة الدولية للحماية الإشعاعية عن المؤتمر الدولي لعلم الإشعاع عام ١٩٢٨ ، وصارت منذ ولادتها إحدى الهيئات العالمية المعترف بها والمسئولة عن التوصية بالحد الأقصى لمقادير الأشعة المسموم التعرض لها ، ومعظم القوانين المحلية لجميع الدول المعمول بها حاليا والمتعلقة بالتعرض للإشعاع معتمدة من توصيات هذه الهيئة الدولية ونستعرض فيما يلي بعضا من قرارات وتوصيات هذه الهيئة لتوضيح أهمية الحماية من الإشعاع النووي :

في عام ١٩٥٠ تطورت الهيئة الدولية والسبب في ذلك يرجع إلي توسع العديد من الدول في بناء المفاعلات النووية ، وبذلك تغيرت مستويات الإشعاع للجرعات القصوى المسموح بها إلى حد كبير . ونتج عن هذا التطور الاتفاق على إدخال تعريف ما يسمى "جرعة السماح" لوصف المستوى المقبول من التعرض للإشعاع ، بالرغم من أن هذا التعبير يحمل دلالة مضللة ، حيث يوحى بوجود حد للجرعة لا تحصل إصابة

إشعاعية دونه ، وفقاً للبراهين المتوفرة حاليا ، وجود جرعة حرجة لأنواع معينة من الإصابة الجسدية ونتيجة لذلك استبدل تعبير "جرعة السماح" بمصطلح "الجرعة المباحة القصوى" . والجرعة المباحة للفرد ، هي تلك التي تتراكم عبر فترة من الوقت ، أو تنتج عن تعرض إشعاعي منفرد ، بحيث لا تحمل إلا احتمالية نادرة بحصول إصابات جسدية أو جينية جسيمة . وأن أية إصابات جسدية مفجعة (كاللوكيميا) والتي قد تنشأ عن تعرض فردى إلى جرعة مسموح بها ستكون محصورة بنسبة ضئيلة جدا . والآثار التي قد يتوقع حدوثها بصورة أكبر مثل قصر العمر تكون نادرة جداً .

الجرعة القصوى المباحة :

وفي النشرة رقم ٢٦ للهيئة الدولية للحماية من الإشعاع النووي عام ١٩٧٧ ، لم تعد الهيئة تستعمل المصطلح " الجرعة المباحة القصوى " بل أوصت بدلا عن ذلك بنظام أكثر شمولية لحد الجرعة ويمكن تلخيص المميزات الرئيسية للنظام كالآتي :

١- يجب ألا يسمح بأي عمل يقود إلى التعرض الإشعاعي ، ما لم يقدم فائدة ملموسة .
٢- حصر كل تعرض إشعاعي في أدنى مستوى معقول يمكن إنجازه مع الأخذ في الاعتبار العوامل الاجتماعية والاقتصادية .

٣- يجب ألا يتعدى مكافئ الجرعة الفردي الحدود الموصى بها وفق ظروفها المناسبة من قبل الهيئة .

وقد تم التمييز بين نوعين مختلفين من التأثيرات التي ربما تستحث بواسطة الأشعة المؤينة هما :

(أ) التأثيرات غير الحرجة :

وهي تلك التي تكون احتمالية الأثر الناتج أو خطورته ، يمكن اعتبارها كدالة لجرعة الإشعاع دون حد فاصل . ومن أهم هذه التأثيرات الجسدية غير الحرجة هو نشوء السرطان الذي تزداد مخاطره تصاعديا بزيادة الجرعة المتعرض لها دون حد فاصل .

(ب) التأثيرات الحرجة :

وهي تلك التأثيرات التي تتغير فيها شدة التأثير مع مقدار الجرعة والتي يوجد فيها الحد الفاصل . ومن هذه الأمثلة الإصابة بتلف الأوعية الدموية وإتلاف الجهاز التناسلي وسد عدسة العين .

إن هدف الحماية الإشعاعية هو منع التأثيرات الحرجة وتقليص احتمال حصول التأثيرات غير الحرجة إلى الحدود المقبولة وينجز هذا الهدف بما يلي :

١- وضع حدود مكافئ الجرعة في مستويات منخفضة تكون كافية لضمان عدم وصولها إلى الجرعة الحرجة ، حتى ولو تعرض الأفراد إلى الإشعاع طوال حياتهم .
٢- الإبقاء على الغرض الإشعاعي في أقل حد يمكن إنجازه بالأخذ في الاعتبار العوامل الاجتماعية والاقتصادية وتتبع الظروف المحيطة حتى لا يتجاوز مكافئ الجرعة حدوده الملائمة .

هذا مع العلم بأن الهيئة قد حددت مكافئ الجرعة الموصى بها للعاملين في مجال الإشعـــاع النـــووي بمقدار ٠,٥ سيفيرت (٥٠ ريم) في السنة على جميع الأنسجة ماعدا عدسة العين التي أوصى بها بحد أدنى قدرة ٠٠,٣ سيفيرت في السنة .

ولمنع التأثيرات غير الحرجة تحدد الحد المكافئ السنوي للتشعيع لكل جسم بمقدار ٥٠ ميللى سيفيرت (٥ ريم) . وهناك بعض الملاحظات على حدود مكافئ الجرعة للعاملين في مجال الإشعاع النووي أهمها :
١- يجب منع أي تعرض للإشعاع لا لزوم له .
٢- أوصت الهيئة الدولية بحد جرعة منفصل لكل ثلاثة شهور بالإضافة إلى حد الجرعة السنوى .
٣- تضع الهيئة انطباعا معقولا حول حقيقة أن عددا قليلا فقط من العاملين يتعرضون إلى مكافئات جرعة سنوية تقارب الحدود الموصى بها ، وبذلك فإن خطر الموت في هذه

الحالات يساوى معدل خطر الموت للعاملين في صناعات أخرى تكون آمنة إشعاعيا .

وبناء على ذلك ، فقد تم تعريف نوعين من العمل طبقاً للظروف التالية :

ظروف العمل (أ) :

والتي يتجاوز التعرض الإشعاعي المستوى فيها إلى اكثر من ٠,٣ من حدود مكافئ الجرعة . في الصنف (أ) يخضع العاملون إلى الرقابة الفردية لكل من التشعيع الخارجي والتلوث الإشعاعي الداخلي حسب الحالة . كما أنهم يخضعون إلى فحص طبي قبل العمل .

ظروف العمل (ب) :

وفيها يغلب الظن أن الجرعة السنوية لن تزيد عن ٠,٣ من حدود الجرعة السنوية ، والعاملون في الصنف (ب) لا يتطلب منهم أخذ فحص طبي قبل العمل وقد يخضعون فقط إلى مراقبة شخصية للتأكد من حسن السيطرة .

أما حدود مكافئ الجرعة المباحة لأفراد المجتمع فهي بحد مكافئ قدرة ٥٠ ميللى سيفيرت (أي ٥ ريم) في السنة لجميع الأنسجة ، ومن أجل تحديد التأثيرات الغير حرجة وضع حد قدرة ٥ ميللى سيفيرت (٠,٥ ريم) كحد مكافئ للجرعة السنوية

للتشعيع المنظم لكل جسم ، على أن تكون الجرعة الجينية بمقدار ٥٠ ميللى سيفيرت (٥ ريم) في ٣٠ ثلاثين سنة .

وعند وقوع بعض الحوادث بشكل نادر ، فقد وافقت الهيئة على زيادة الجرعة للعاملين بما لا يتعدى ١٠٠ ميللى سيفيرت أي (١٠ ريم) لكل جسم لكل حالة منفردة أي ضعف مقدار الحد السنوي المناسب ، أو خمسة أضعاف الحد بمعدل ٢٥٠ ميلي سيفيرت (٢٥ ريم لكل الجسم) خلال فترة العمر .

ومن أجل تقليل تعرض العاملين وعموم الناس للإشعاع على أثر تسرب المواد المشعة بسبب حادث ما ، يصبح مهما إعداد خطة طوارئ محكمة جداً ، يمكن إنجاز ثلاثة أهداف هي :

١- تحديد التعرضات إلى أقصى حد معقول عمليا ، ومحاولة منع التعرض لما فوق حدود الجرعة المكافئة .
٢- الحصول على معلومات لتحديد الأسباب وعواقب الحادث ومن المهم أن تكون خطة الطوارئ مرنة بشكل مناسب ، كي تسمح بالتكيف حسب حالة الحادث الواقعية ، وعلى الأخص يجب أن لا تطبق مستويات الإشعاع بشكل آلي ، بل يجب أن يعاد التقويم الملائم على ضوء المعلومات المتوفرة عند التدخل .

أجهزة الكشف عن الإشعاع النووي :

ويؤدى عدم قدرة الجسم البشرى بالإحساس بالأشعة النووية المؤينة إلى خشية الكثير من عامة الناس من مخاطر الإشعاع النووي ، لذا وجب الاعتماد على أجهزة الكشف المبنية على التأثيرات الكيميائية والفيزيائية للإشعاع نذكر منها :

(أ) تأين الغازات .

(ب) التأين والإثارة في صوالب معينة .

(ج) التغيرات في الأنظمة الكيميائية .

(د) التنشيط الإشعاعي بالنيوترونات .

وتستخدم الكواشف المبنية على أساس تأين الغازات في غالبية أجهزة المراقبة الإشعاعية . وتبدى بعض أنواع المواد الصلبة البلورية زيادة في التوصيل الكهربائي ، وتساهم في قابلية الإثارة ومن ضمنها التلألؤ والوميض الحراري والأثر الفوترغرافي وتتوفر أجهزة الكشف الإشعاعي التي تعتمد على التغيرات الكيميائية التي يمكن قياسها ولكنها أقل حساسية ، أما الطريقة المستعملة للنيوترون فإنها تعتمد على التنشيط الإشعاعي الناتج عن تفاعلاته .

نظام تصنيف المناطق :

والتحكم الدوري في الجرعات التي يتعرض لها الأفراد العاملون في مجال الإشعاع النووي مبنية على نظام تصنيف المناطق ، والنظام المعتاد للتصنيف محدد بأربع مناطق هي :

(أ) مناطق غير متحكم فيها ، حيث لا يزيد معدل الجرعة على ٢,٥ ميكروسيفيرت في الساعة ، ويمكن للعاملين أ ، يشتغلوا فيها مدة ٤٠ ساعة أسبوعيا بحد أقصى ٥٠ أسبوعا في السنة دون أن تزيد الجرعة على ٥ ميللى سيفيرت في السنة .

(ب) مناطق مراقبة ، حيث لا يزيد معدل الجرعة على ٧,٥ ميلي سيفيرت في الساعة . ولهذا فلن يزيد تعرض العاملين فيها على أكثر من ثلاثة أعشار حد الجرعة . هذه المناطق معرضة لأنواع من المراقبة ، والعاملون يخضعون للمراقبة الشخصية الرتيبة .

(ج) مناطق متحكم فيها ، حيث يزيد معدل الجرعة على ٧,٥ ميكروسيفيرت في الساعة ن ويعرف زيادة معدل الجرعة العاملون باستمرار إلى مناطق العمل (أ) التي سبق الحديث عنها . وهؤلاء عرضة للمراقبة الطبية والمراقبة الشخصية الرتيبة .

(د) مناطق مقيدة ، حيث يزيد معدل الجرعة فيها على ٢٥ ميكروسيفيرت في الساعة . والعاملون في هذه المناطق والداخلون إليها عرضة لتحذيرات خاصة مثل تحديد مدة البقاء واستخدام معدات وملابس واقية . وعند العمل بنظام تصنيف المناطق ، من الضروري عمل مسح شامل للمنطقة بانتظام للتأكد من أن هذا التصنيف صحيح وأن الاحتياطات اللازمة متخذة .

وعادة تتم المراقبة عند البدء في تشغيل أي منشأة لاختبار كفاءة الحواجز الواقية والتأكد أن مستويات الإشعاع مقبولة .

مخاطر الإشعاع النووي الداخلي :

فيما يلي سوف نتناول مخاطر الإشعاع النووي الداخلي وطرق الوقاية منه .

عندما توضع مادة مشعة في أحد الأواني المغلقة (الحاويات) فقد تكون خطراً إشعاعيا خارجيا للأشخاص المتواجدين بالقرب منها .

ومنى ناحية أخرى ، عندما تكون المادة المشعة غير معبأة (مكشوفة) بأي شكل من الأشكال ، تكون مصدر خطر إشعاعي داخلي . وتدعي المادة المشعة التي تتحرر دون احتياج إليها "بالتلوث الإشعاعي" .

إن الكمية الصغيرة من المادة المشعة التي لا تمثل أي خطر خارجي يذكر ، يمكنها أن تقود إلى معدل جرعة ملحوظ متى لامست الجسم أو دخلته .

وعندما تدخل المادة المشعة الجسم ، تستمر في تشعيعه حتى تضمحل أو يطرحها الجسم . ويعتمد معدل الاضمحلال الإشعاعي على ما يسمى "بعمر النصف" أما معدل طرح الجسم

للمادة المشعة ، فيعتمد على عدد من المتغيرات أهمها الصفات الكيميائية .

منافذ التلوث الإشعاعي :

وهناك أربعة منافذ يمكن عن طريقها أن يشكل التلوث الإشعاعي خطراً على الجسم وهي :

١- التنفس المباشر للهواء الملوث .
٢- الهضم الذي يتم عن طريق الفم .
٣- النفوذ عن طريق جرح ملوث .
٤- التشعيع المباشر للجلد .

وهناك تباين كبير في الصفات الفسيولوجية للبشر عند تعرضهم للإشعاع ، لهذا ، فقد اصطلح على تسمية "الرجل المرجع" "Reference Man" أو رجل الإسناد . وذلك للمقارنة . ويلاحظ أن الرجل المرجع يتنفس ٢٣م^{٣} من الهواء في اليوم ويشرب ، ما مجموعه ثلاثة لترات من الماء يومياً .

والرجل المرجع هو شخصية افتراضية تمثل صفات متوسط شريحة واسعة من الصفات البشرية المتباينة جداً .

وقدرة النويدة المشعة داخل الجسم تعتمد على صفاتها الكيميائية والفيزيائية ، حيث تتوزع بعض العناصر بالتساوي إلى حد ما ، وبذلك يتشعع كل الجسم بنفس المعدل تقريباً ،

أما معظم العناصر المشعة فتميل إلى التركيز في عضو معين ، مما يؤدى إلى تباين معدلات الجرعات للأعضاء المختلفة في الجسم ، على سبيل المثال ، عنصر اليود المشع يتركز في الغدة الدرقية والبلوتونيوم يتركز في الرئة والعظام .

إن النظام المعد من الهيئة الدولية للرقابة الإشعاعية يسمح بحسابات الجرعات للأعضاء والأنسجة المختلفة باستخدام ما يسمى معادلة معامل الموازنة .

قواعد التحكم في التلوث الإشعاعي :

وللتحكم في مخاطر التلوث الإشعاعي يركز الاهتمام على تحديد الجرعات لأعضاء الجسم المختلفة بالحدود المسموح بها . وهناك ثلاثة قواعد عامة يمكن تطبيقها للتحكم في التلوث الإشعاعي وهي :

(أ) التقليل ما أمكن من كمية الإشعاع المتداولة .
(ب) احتواء المادة المشعة .
(ج) اتباع الإجراءات الصحيحة بخصوص الملابس الواقية والتجهيزات والتنظيف ..... إلى آخره .

ويجب ما أمكن تنظيف التلوث حال حدوثه ، لأن هذا يمنع زيادة انتشاره ، مما يجعل إزالته أكثر صعوبة ، وينبغي عمل

مسح منتظم في المناطق المراقبة والمتحكم فيها ، كذلك المناطق المجاورة للتأكد من عدم انتشار التلوث إلى خارج الحدود .

طرق الوقاية :

وتعتمد طرق الوقاية من الإشعاع على ارتداء الملابس الواقية . وتعتمد متطلبات هذه الملابس على منطقة التلوث وعلى طبيعته وكمية التلوث . ففي المستويات المنخفضة للتلوث ، يكون كافيا ارتداء صدرية مختبر اعتيادية وأحذية وقفازات واقية ، أما عندما تكون هناك مستويات ملموسة من التلوث في الهواء ، فمن الضروري عادة استخدام بدلة جافة كاملة مع قناع مرتبط بمصدر الهواء .

تجهيزات غرفة الملابس :

ومهما كانت معايير الملابس الواقية ، يجب أن تكون غرفة الملابس وترتيبات الحجز ذات كفاءة . كما يجب أن تتوفر فيها التجهيزات التالية :

١- مغسلة رشاش ماء وأجهزة مراقبة اليدين والملابس الشخصية .

٢- مستودع مناسب في الجهة غير المشعة لحفظ الملابس .

٣- ملابس واقية جاهزة للاستعمال وموضوعة في مكان مناسب .

٤- حاويات خاصة لوضع المستخدمات والمخلفات المشعة بها .

٥- لوحات تحذير .

٦- تعليمات الطوارئ ، لتوضيح الإرشادات المتبعة في حالة وقوع حوادث محتملة ، مثل إنفجار أو حريق .

والتحكم في التلوث الإشعاعي يعتمد على كل شخص يدخل منطقة متحكم فيها أو منطقة مقيدة .

ولهذا يجب تدريب العاملين في هذه المناطق على طرق الوقاية ، وهناك عدة قواعد للوقاية هي :

(أ) لا يسمح بالأكل أو الشرب أو التدخين .

(ب) لا يسمح بعمليات الفم (مثل استعمال الماصة) .

(ج) تغطية أي جرح بغطاء مانع للماء ، هذه الجروح توفر ممر تلوث مباشر إلى مجرى الدم .

(د) التبليغ عن الجروح التي تحدث فوراً ومعالجتها في الحال .

(و) لا يمكن نقل الحاجيات من منطقة الإشعاع .

وقد قسمت المواد المشعة إلى أربعة مجموعات طبقاً لتصنيف السمية الإشعاعية وهي :

المجموعة الأولى : مرتفعة السمية ، مثل البلوتونيوم [illegible] والأمريسيوم ٢٤١ .

المجموعة الثانية : سمية فوق المتوسط ، مثل الأسترونتينيوم ٩٠ واليود ١٣١ .

المجموعة الثالثة : سمية ، متوسط مثل الفوسفور ٣٢ والخارصين ٦٥ .
المجموعة الرابعة : سمية منخفضة ، مثل اليود ١٢٩ واليورانيوم الطبيعي .

والسؤال الذي يطرح نفسه ، ما هي الإسعافات الأولية التي يجب إجراؤها عند التعامل مع الأشخاص الملوثين بالإشعاع النووي؟ .

إن فرص الإسراع والتخلص من العنصر المشع عندما يستقر في الجسم تكون ضعيفة جداً . لذلك نتبين أهمية بذل كل الجهود لمنع دخول المواد المشعة (التلوث) إلى الجسم ، ومن الضروري أن يلتزم كل العاملين بالقواعد الخاصة بالوقاية .

الإسعافات الأولية ومعالجة التلوث :-

من المحتمل أن تقع حوادث تلوث ، لذا كان من الضروري معرفة المعالجة الصحيحة وهي :

أولاً: التأكد أن الشخص الملوث خال من أي جروح . وفي حالة وجود جروح يجب إجراء الإسعافات اللازمة لها في أسرع وقت .

ثانياً: إزالة التلوث قبل أن يمتص بالجسم ، وقبل ذلك ، يجب إجراء مسح شامل للإشعاع حول الجسم باستخدام كواشف مناسبة ، وذلك لتعيين موضع التلوث ، فإذا كان التلوث

جزئيا مثل تلوث اليدين أو الوجه ، فيغسل مكان الإصابة جيداً بالماء والصابون عدة مرات . وفي كل مرة يعاد الكشف الإشعاعي ، وهكذا حتى تصبح المناطق الملوثة خالية تماما من التلوث .

ثالثاً: في حالة تلوث كل الجسم ، يجب خلع الملابس الواقية ، ثم يتم غسل الشعر فوق حوض اليدين بعيداً عن باقي الجسم ، حتى لا يسقط التلوث على الفم ، بعد ذلك يتم غسل وتنظيف الجسم كله تحت رشاش مائي باستعمال الصابون أو أي مادة منظفة أخرى تكون أكثر فعالية . وقد يحتاج الشخص إلى الاغتسال عدة مرات .

رابعاً: إذا تعرض الشخص للتلوث عن طريق الهواء (التنفس) ، يجب أن " يتمخط " أو ينظف أنفه جيداً بالماء ، وإذا بقى جرح ثانوي في منطقة التلوث ، فيجب أن يسمح له بالنزف بحرية ويغسل الجرح بالماء بغزارة لتقوية إزالة التلوث .

وبعد أن يتم الإسعافات الأولية ، يجب الحصول على المساعدة الطبية بأسرع وقت ممكن .

أما في حالة ابتلاع الشخص مادة مشعة ، فقد يعطى بعض المواد الغرض منها منع أو تقليل الامتصاص من قبل القناة الهضمية مثل مضادات الحموضة أو التبادل الأيوني ، أما في حالة امتصاص الجسم لعناصر مشعة ذات سمية عالية مثل

البلوتونيوم ٢٣٩ عن طريق الفم أو الاستنشاق ، وكان بشكل قابل للذوبان ، فقد يعطى للشخص مواد كيميائية دوائية لمساعدة الجسم على الإخراج والمساعدة على التخلص من هذا التلوث ، وفي حالة امتصاص الجسم بعض النظائر المشعة ، فيمكن إيقافه بالتعادل المسبق بكميات كبيرة من النظير المستقر لنفس العنصر على سبيل المثال ، إذا أخذ الشخص اليود المشع الذي يسبب ضرراً بالغدة الدرقية ، فيمكن تقليل هذا العنصر إلى درجة كبيرة بالتبادل المسبق بكبسولة زنة ٢٠٠ ميللي جرام من يود البوتاسيوم .

وعلى ما تقدم ، لابد من مناشدة كافة المسئولين والعاملين في مجال الإشعاع النووي وجميع الجمعيات الحكومية والأهلية وتنظيمات الشعبية ورجال الصحافة والإعلام في العالم العربي للتنسيق وتكثيف الجهود نحو درء هذا الخطر الداهم من أجل حياة بيئية نظيفة لنا ولأجيالنا .

الفصل السابع
القدرة العربية النووية

والآن دعنا نتساءل ما هو المقصود بالقدرات النووية العربية؟ هل المقصود هو إنتاج القنبلة الذرية أم المقصود هو امتلاك التكنولوجيا النووية بصورة تجعلنا قادرين على إنتاج القنبلة الذرية .

انه لم يعد سرا الآن القول أن العالم العربي يمتلك حاليا قاعدة علمية كبيرة تستطيع أن تحدد وتدخل بوضوح في مجال التكنولوجيا النووية . ولاشك أن قدرتنا العربية تتزايد في هذا المجال . بينما يتزايد تكتم وتعتيم القوى الدولية على مدى تطورنا وهم ليسوا غافلين عنا . ولذلك يجب علينا أن نحدد جيدا العقبات التي تواجهنا .

وفي الحقيقة ومنذ البداية لم تكن لدى الدول العربية أية استراتيجية في هذا الموضوع ، حتى عندما أقدمت مصر على إنشاء هيئة الطاقة الذرية . وكان هناك هدف واستراتيجية سرعان ما ضاع الهدف وضاعت الاستراتيجية بسبب الخلافات والانقسامات وتعدد الآراء .

دورة الوقود النووي :

وعند تحديد القدرات العربية النووية علينا أن نتذكر إن دورة الوقود النووي هي الأساس الرئيسي في القدرة النووية . ودورة الوقود النووي تشمل البحث عن الخامات الذرية واكتشافها ومعالجتها للحصول على عنصر اليورانيوم . ومن ثم إعداده لتصنيع وقود نووي يستخدم في المحطات النووية والمفاعلات الذرية ، ثم الحصول على الوقود المستنفد والتحفظ عليه ومعالجته أو فصل مكوناته . وإلي الآن لا توجد لدى جميع الدول العربية أي استراتيجية فردية أو جماعية لتطوير وتصنيع الوقود النووي ، فيما عدا بعض المحاولات على المستوى المعملي والتعليمي . وبالطبع هناك مخاوف لدى الجميع خاصة المتعلقة بموضوع الأمان النووي والدخول في عصر بناء المفاعلات النووية . إلا أن القدرات النووية تتطلب تطوير الصناعات المحلية لإنتاج المحطات النووية المستخدمة في الأغراض السلمية من أجل السيطرة على مستلزمات التشغيل من وقود نووي وماء ثقيل وقطع غيار وهناك دول عديدة نامية استطاعت أن تعتمد على نفسها في هذا المجال .

الاستخدامات السلمية للطاقة النووية :

اهتمت مصر بعد انتهاء الحروب وبداية مرحلة السلام في استخدام الطاقة الذرية في الأغراض السلمية ، أقامت بعض المشروعات . وتكونت ثلاث هيئات تشرف عليها وهي : هيئة

الطاقة الذرية وهيئة المحطات النووية وهيئة المواد النووية . ولكل هيئة عمل خاص تقوم به . واختصت هيئة المحطات النووية بإنتاج الطاقة الكهربية عن طريق المفاعلات النووية . والآن هناك جهود مضنية تبذل من أجل تدريب الكوادر الفنية في هذه المجالات . وحاليا تهتم سوريا بموضوع المفاعلات النووية وتقوم بالتفاوض مع الصين من أجل إنشاء مفاعل صغير بقدرة ٢٥٠ كيلووات . أما معظم الدول العربية فيغلب على أنشطتها تطبيقات النظائر المشعة ، لكنها غير مهتمة بدورة الوقود النووي أو المفاعلات ومازالت تتعامل معها بصورة سطحية .

مفاعلات نووية لإنتاج الكهرباء :

نحن نعلم أن مصادر الطاقة الموجودة في الوطن العربي باستثناء البترول محدودة للغاية . وقد أشارت التقارير الصادرة عن جامعة الدول العربية أن معدلات الاستهلاك العالمي الذي يعتمد على البترول العربي يزداد ، بينما معدل الاكتشافات الجديدة للحقول البترولية يتقلص . وبالتالي فإن المخزون الاستراتيجي من النفط العربي سوف ينخفض خلال الخمسين عاما القادمة . ويختلف ذلك من دولة عربية إلي أخرى ، حيث أن هناك بعض الدول العربية يقوم باستيراد البترول لسد حاجاته من الطاقة . أما مصادر الطاقة غير النفطية مثل الفحم فإن استخدامها كمصدر للطاقة يتعرض إلي قيود عالمية هائلة فيما

يتعلق بتلوث البيئة . أما الطاقة المتجددة غير الطاقة النووية مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة جوف الأرض ، فهي على كل حال ليست منافسة لبدائل الطاقة التقليدية (البترول – والغاز الطبيعي – والفحم) . وأمام هذا الواقع ، فلا بديل أمامنا لكي نفي باحتياجاتنا من الطاقة خلال القرن الحالي سوى التخطيط لاستخدام الطاقة النووية بغرض توليد الطاقة الكهربية ، حيث أن هذه التكنولوجيا هي بديل متطور بشكل اقتصادي ومنافس للبدائل الأخرى .

وعلى ذلك فإن الطاقة النووية هي أحد المصادر التي تطرح نفسها بإلحاح على مخططي السياسة العربية . وأنه لن نستطيع إكمال مشوار التنمية والتطور والتقدم بدون استخدام الطاقة النووية .

استراتيجية عربية لتنمية القدرات النووية :

في الوقت الحالي ، لا توجد استراتيجية عربية لتنمية القدرات النووية العربية ، بالرغم من أن هناك اتصالات بين باحثين وعلماء من الدول العربية إلا أننا لم ننجح حتى الآن في وضع استراتيجية مشتركة . وإذا كانت هناك اليوم الهيئة العربية للطاقة الذرية إلا أنها تعمل فقط على التقريب ببن العلماء في الدول العربية على هيئة لقاءات ودورات في نواحي الأمان النووي والرقابة . ولم تصل بعد إلي دورة الوقود النووي وسبب ذلك عدم وجود آية أنشطة نووية لدى الدول العربية .

ومن أجل تنمية القدرات النووية العربية ، لابد من تضامن جهود المهتمين بهذه القضية من علماء ومفكرين وسياسيين . إن العالم اليوم وضع يده في أيادي بعضه ، فنرى أوروبا تعمل مع روسيا وأمريكا واليابان من أجل إنشاء مفاعل نووي أساسه الاندماج ، هذا البرنامج يحتاج إلي تكاليف باهظة . وهذا مثل يجب أن نحتذي به ونتعلم مغزاه جيدا .

وفي هذا الشأن نقترح تأسيس المجمع العربي لإنتاج الطاقة الذرية على غرار المجمع الأوروبي لإنتاج الطاقة الذرية "اليوروأتوم" . يكون من أهدافه بالإضافة إلي وضع استراتيجية عربية لتطوير القدرات العربية النووية ما يلي :

١- إعداد الكوادر العلمية والفنية من أجل بناء برنامج عربي لاستخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية .
٢- إجراء البحوث المشتركة وتبادل الخبرات العلمية .
٣- تكثيف الجهود والإمكانات للسيطرة على دورة الوقود النووي ورصد الأموال اللازمة لذلك .
٤- تدعيم أبحاث المواد المشعة باستخدام أطياف الليزر .
٥- إنشاء وحدات لإنتاج الماء الثقيل والإشراف عليها .
٦- الدخول في مجال تصنيع المعدات الخاصة بالمحطات النووية .

٧- إنشاء شبكة موحدة من المحطات النووية الكهربائية في الدول العربية وتعظيم الاستفادة منها خاصة في مجال تحلية المياه .

٨- إرساء سبل التعاون مع الدول الصديقة من أجل اكتساب الخبرة في مجال التكنولوجيا النووية .

الفصل الثامن

الأسلحة الكيميائية

مُقَدِّمَة

إن تصنيع وتطوير أسلحة الدمار الشامل النووية والكيميائية والبيولوجية (الجرثومية) ، قد يؤدى إلى كارثة عالمية قد ترجع بالبشرية إلى الحياة البدائية ، إن لم تقض على العالم بأسره . فالتقديرات تشير إلى أنه توجد حالياً أسلحة نووية في العديد من الدول تكفي لتدمير العالم بأكمله . هذا بالإضافة إلى تأثير الأسلحة الكيميائية والجرثومية ، وهي أسلحة تختلف عن الأسلحة النووية في كونها تتفرد بتدمير الكائنات الحية دون إلحاق ضرر بالمنشآت .

وفيما يلي سوف أتناول بعض الحقائق العلمية عن الأسلحة الكيميائية وأنواعها ومخاطرها وطرق الوقاية منها :

ما هي الأسلحة الكيميائية؟

الأسلحة الكيميائية : هي عبارة عن استخدام المواد الكيميائية السامة في الحروب لغرض قتل أو تعطيل الإنسان والحيوان وإلحاق الضرر أيضاً بالنباتات . ويتم ذلك عن طريق

دخول هذه المواد الجسم سواء باستنشاقها أو تناولها عن طريق الفم أو ملامستها للعيون أو الأغشية المخاطية .

وهذه المواد الكيميائية ، قد تكون غازية أو سائلة سريعة التبخر ونادراً ما تكون في الحالة الصلبة . وتطلق المواد الكيميائية عادة في الفضاء أو تلقى على الأرض ، سواء بالرش مباشرة بواسطة الطائرات على ارتفاع منخفض ، أو وضعها في ذخائر على شكل قنابل أو قذائف ، بحيث توضع الكيميائيات السامة في أوعية من الرصاص أو الخزف حتى لا تتفاعل مع مواد قابلة للانفجار أو مع جدار القذيفة . وعند وصول القذيفة إلى الهدف وانفجارها تتصاعد المادة الكيميائية السامة على شكل أبخرة مسببة الموت الجماعي .

وتتميز المواد الكيميائية السامة بروائح مميزة ، ولذلك يمكن الابتعاد عنها أو استعمال الأقنعة والملابس الواقية ، مما يقلل الأضرار الناتجة عنها . إلا أن هناك بعض الكيميائيات (مثل غاز الأعصاب الذي تم اكتشافه إبان الحرب العالمية الثانية) تسبب شللاً في الأعصاب وأعراضا أخرى ، ما يؤدى إلى الموت ، وتتميز هذه الغازات عن غيرها بالسمية العالية وبأنها عديمة اللون والرائحة تقريباً ، وبذلك يصعب اكتشافها على عكس الأسلحة الكيميائية الأخرى ، والجدير بالذكر أن هناك سميات كيميائية أخرى لها قدرة عالية في السمية مثل "سم بتولينيوم" الذي ينتجه فطر بتولينيوم ، حيث ينمو هذا الفطر على

اللحوم والأسماك المعلبة الفاسدة في معزل عن الأوكسجين ، مما ينتج مادة سامة تعتبر أكثر من ألف مرة من سمية غازات الأعصاب .

واستخدام الأسلحة الكيميائية في المعارك فكرة قديمة ، وقد بدأ عمل أبحاث مكثفة حولها في وقت مبكر ، بلغ ذروته خلال الحرب العالمية الأولى . ومنذ ذلك الوقت تم اكتشاف العديد من الأسلحة الكيميائية المتطورة . ومن أهم المواد الكيميائية التي استخدمت أثناء الحرب العالمية الأولى هي غازات الخردل والفوسجين وسيانيد الهيدروجين .

التسمم بغازات الخردل :

ومن أعراض التسمم بغازات الخردل : التهاب وتورم وألم في العينيين مصحوبة بالعكس الشديد والكحة المتواصلة ، ويشعر المصاب بأكلان في الجلد والتهابه ، مع ظهور القرح به . وقد يؤدى ذلك إلى تسرب الميكروبات إلى الجلد المجروح . كما أن التسمم بغازات الخردل يؤدى إلى التهاب الجهاز التنفسى والجهاز الهضمي ، فتحدث فيهما الالتهابات والتقرحات مما يسهل معه دخول الجراثيم للجسم ، ويسبب الأمراض المعدية . وقد تكون غازات الخردل مركبات عضوية كبريتية لها رائحة تشبه رائحة البصل أو الثوم ، كما تكون مركبات عضوية نيتروجينية لها رائحة السمك .

أما غاز الفوسجين : فيعتبر من الغازات الخانقة ، وهو يسبب التهاباً للرئة والعينيين وكحة شديدة وضيقاً في التنفس ودموعاً غزيرة . وللفوسجين رائحة الدريس المتعفن .

أما غاز سيانيد الهيدروجين : فإنه يوقف أنزيمات الأكسدة في الخلايا ، ولذلك فإنه تظهر أعراض الاختناق والحاجة إلى الهواء . ولغاز سيانيد الهيدروجين رائحة قوية ومميزة .

ويوجد حاليا أنواع عديدة من المواد الكيميائية ، مصنفة حسب تأثيرها الفسيولوجى ، وتصلح بأن تستخدم كأسلحة كيميائية نذكر منها ما يلي :

أولاً : الغازات المسيلة للدموع وتشمل :

- إثيل برومو أسيتيت
- بروميدزايليل
- برومومثيل إثيل كيتون
- أيودو أسينون
- أيوديد بنزيل
- برومو بنزيل سيانيد
- كلورو أسيتون
- بروميد بنزيل
- برومو أسيتون
- أثيل ايودو أسيتين
- أكرولئين

- كلور أسيتون فينون

ثانياً : الغازات الخانقة :

- كلور
- ميثل كلوريد سلفيوريل
- كلورمثيل كلورو فورميت
- أيثل كلوريد سلفيوريل
- ثنائي مثيل سلفيت
- بيرو كلوروميثل مركبتان
- فوسجين
- ثنائي فوسجين
- كلوربيكرين
- فينل ثنائي كلور أرسين
- ثنائي كلوروميثيل إيثر
- اثيل ثنائي كلور أرسين
- فينل ثنائي بروموأرسين
- ثنائي برومومثيل إيثر .

ثالثاً : مسميات الدم :

- سيانيد الهيدروجين
- بروميد سيانوجين
- كلوريد سيانوجين

رابعاً : مسببات القرح :

- كلورفانيل ثنائي كلورو أرسين
- ميثل ثنائي كلورو أرسين
- ثنائي مروموثيل سلفيد
- غازات الخردل وتشمل :
- ١ ، ٢ – ثنائي (بيتا – كلوروواثيب) ايثان
- ثنائي (بيتا كلوروايثل ثيوايثل) أثير
- ثلاثي (بيتا كلوراثيل) أمين .

خامساً : غازات التقيؤ :

- ثنائي فينل كلورو أرسين
- ثنائي فينل سياتوأرسين
- ايثل كريزول
- كلوريد فينارسازلين

سادساً : كيميائيات الهلوسة :

- ميسكالين – بسيلوسين – حمض ليرجيك ثنائي إيثل أميد

سابعاً : غازات الأعصاب :

- تابون (جى أي)
- سارين (جي بي)
- سومان (جي دي)
- في أكس

ثامناً : كيميائيات وسموم أخرى :

- ميثل-ن (بيتا – كلوروايثل) – ن – نيتروزو كرياميت .
- ميثل فلورو أسيتيت
- أوكسيد الكاديوم – كربونيلات نيكل وحديد
- رزين (بروثين سام في حبوب نبات الخروع)
- سم بكتيريا تيتانوس
- سم بتولينيوم

غازات الأعصاب :

والجدير بالذكر أن العلماء الألمان قد اكتشفوا إبان الحرب العالمية الثانية ، أسلحة كيميائية ذات فعالية قوية جداً تسمى (غازات الأعصاب) ، وهي عبارة عن أسترات عضوية لحمض الفوسفور مرتبط بمجاميع بديلة .

إن غازات الأعصاب تبطل نشاط الأعصاب ، وبالتالي فهي تؤدى إلى الوفاة ، حيث إنها توقف عمل الكولينستريز (إنزيم يتحكم في التحلل المائي لاسيتايل كولين ، المادة التي تتدخل في توصيل ونقل إشارات الأعصاب في داخل الجسم وبالتالي يزيد في الجسم كميات من إسيتال كولين) . وترتبط غازات الأعصاب هذا الأنزيم برابط أنزيمي فوسفوري . ولذلك ترى في حالة تعرض الإنسان لكميات غير مميتة ، فإنه يسبب انقباضاً في حدقة العين ، وضغطاً في الصدر وآلاما في الرأس ودوخة وتقيؤ .

أما التعرض لمزيد من غازات الأعصاب ، فإنها تؤدى إلى الوفاة بعد دوار ثم فقدان في الوعي وعجز في التنفس ، وانقباض في الأعصاب وأعراض أخرى .

وتتميز غازات الأعصاب عن غيرها بالسمية العالية ، وبأنها عديمة اللون والرائحة تقريباً ، وبذلك يصعب اكتشافها – وقد تم اكتشاف مادة التابون ، وهو سائل عديم اللون له رائحة فاكهة خفيف ، ومادة سارين المعروفة في الولايات المتحدة الأمريكية باسم (جى بى) وهو عبارة عن سائل قابل للتطاير . وعندما ينتشر في الجو بواسطة المتفجرات فإنه يتحول على شكل بخار (غاز) وهو يسبب أضراراً بالغة بالعينين والجلد والجهاز التنفسي ، إن سارين سائل كثافته ١,١جم/ سم^{3} ودرجة انصهاره ٥٧° م ودرجة غليانه ١٤٧° م ويذوب في الماء . ويمكن استعجال التحلل المائي بإضافة مادة هيدروكسيد أو كربونات الصوديوم ، وفي هذه الحالة ينتج مواداً غير سامة نسبيا ، وقد تبين أن الكمية المميتة من غاز الأعصاب سارين للإنسان هي ٠,١ مللي جرام/كجرام من وزن الجسم .

والجدير بالذكر أن لمركب سارين سمية عالية ، نتيجة لوجود مجموعة إيزوبروبوكس وفلور مرتبطتين بالفسفور ، حيث إن هذه المواد أكثر مقاومة للتحليل المائي من مشتقات الكلور أو مشتقات الكوكسي الأخرى .

وبالإضافة إلى التابون والسارين اللذين تم اكتشافهما عن طريق العلماء الروس ، إلا أن الكيميائيين الألمان اكتشفوا غاز أعصاب ثالث مشابه لتركيب غاز سارين ، وله تأثير قوى هو "غاز سومان" تلاه اكتشاف غاز أعصاب (فى أكس) في الولايات المتحدة الأمريكية .

وقد بينت الأبحاث أن مادة سيانيد الهيدروجين والفوسجين يؤثران فقط عن طريق الجهاز التنفسي ، وينتشران بسبب الرياح ولا يبقيان على الأرض . أما أبخرة السارين فتنتشر بسرعة (ولذلك يجب أن يخزن تحت درجات حرارة باردة) وهو لا يلوث الأرض . أما غاز "أعصاب سومان" و "في أكس" فإنهما يبقيان مدة أطول على الأرض ، ولذلك فهي تلوث الأرض وبالتالي يستمر تأثيرهما على مدى أيام عن طريق الملامسة .

ولكي تنتشر المواد الكيميائية بشكل أكبر ويكون تأثيرها أكبر ولا يمكن الكشف عنها ، يجب تخزينها بداخل متفجرات قوية ، مثل قذائف المدفعية أو القنابل أو مدافع الهاون أو الصواريخ – وقد اتجهت الولايات المتحدة إلى استخدام الأسلحة الكيميائية المزدوجة ، وهي أسلحة تحتوى على عنصرى السلاح الكيميائي في القذيفة ، يتحدان عند الانطلاق ويكونان غاز الأعصاب المميت .

إن هذه الطريقة تمكن من تخزين مكونات غاز الأعصاب (التي هي أقل سمية من غاز الأعصاب نفسه) بدون التعرض لمخاطر الغاز نفسه . والجدير بالذكر أن مادة سارين تكون آكالة جداً (تسبب الصدأ) ولذلك فهي تحتاج إلى أوعية مبطنة بالفضة للتخزين .

لقد استخدمت الأسلحة الكيميائية منذ مئات السنين لقتل الجنود في المعارك . لكن استخدامها بشكل كبير بدأ في الحرب العالمية الأولى عام ١٩١٥ عندما نشر الألمان سحابة من غاز الكلور السام ضد الحلفاء في فرنسا ، وعلى الرغم من توقيع معظم دول العالم على اتفاقية جنيف عام ١٩٢٥ التي تحرم الأسلحة الكيميائية واتفاقيات أخرى تلتها ، إلا أن الأحداث تشير إلى خرق هذه الاتفاقيات . بشكل كبير خاصة أثناء الحرب العالمية الثانية والحرب الكورية . كما أن دولاً عديدة تمتلك هذه الأسلحة برغم الاتفاقيات الدولية التي تنص على التخلص من هذه الأسلحة وعدم الاستمرار في برنامج تصنيعها وتطويرها . وتشمل هذه الدول كلا من الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا وفرنسا وبريطانيا وإسرائيل واثيوبيا وتايلند وفيتنام وكوريا الشمالية والصين وتايوان وبوروما .

وهناك محاولات جادة لبعض الدول العربية لتدعيم قدرتها على تملك بعض من الأسلحة الكيميائية . وتعتبر كل من الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا الرائدتين في هذا المجال ،

ويملكان أكبر مخزون إستراتيجي من غازات الأعصاب ، وهناك خطط طموحة لإنتاج أسلحة كيميائية مزدوجة تشمل قذيفة المدفعية ١٥٥ مم من غاز الأعصاب سارين وقنبلة بى جى – في أكس .

سبل الوقاية :

وفيما يلي سوف نستعرض وسائل الوقاية من الأسلحة الكيميائية :

إن الكثير من الأسلحة الكيميائية التي ذكرت سلفا ، لها رائحة تميزها ، لذلك يكون هناك وقت كاف للهروب وارتداء الأقنعة والملابس الواقية – كما يمكن الكشف عن غاز الأعصاب التي يصعب تمييزها في وقت مبكر من الهجوم ، وذلك بواسطة أجهزة خاصة تستطيع قياس النسب المنخفضة من غاز الأعصاب في الجو ، وبذلك يمكن استعمال الأقنعة مما يقلل من الإصابات .

ويحتوى القناع على مرشح بداخله حبيبات بحجم حبة الشعير من فحم نباتي ينقى الهواء من الغازات السامة قبل أن تصل إلى الفم والأنف والعينين . وتعتمد فكرة المرشح على قدرة الفحم النباتي على امتصاص الغازات والأبخرة القابلة للتكثيف . ويجب تنشيط حبيبات الفحم النباتي قبل الاستعمال وذلك بتسخينها إلى درجة حرارة تصل إلى ٩٠٠°م لتخلو مسامها من المواد العضوية ، بما فيها الغازات فيسهل عليها

امتصاص الغازات وقت الاستعمال . كما يحتوى القناع على وسائد من القطن أو الصوف أو الحرير الصخري وذلك لحجز الدخان ، حيث إن الفحم لا يمتصه لكبر حجم جزيئات الدخان بالإضافة إلى ذلك فإن القناع يحتوى على نظام خاص لمنع تكدير جهاز الإبصار ويحتوى على صمامات للتحدث . وتوجد أنواع عديدة من الأقنعة للوقاية من الأسلحة الكيميائية والجرثومية ، وكذلك يقي من نوع ما من الغبار الذي يحدث عادة خلال الانفجارات النووية وبعدها .

أما عند إصابة الأشخاص بالمواد الكيميائية السامة قبل أن يتمكنوا من لبس الأقنعة والملابس الواقية ، فإن أفضل طريقة هي محاولة التخلص من الكيميائيات السامة ، ويتم ذلك عن طريق عمليات التنفس الصناعي المعتدل واستخدام الأوكسجين باعتدال للمساعدة على التنفس ، كما يجب غسل العينيين وباقي أعضاء الجسم بمحلول يحتوى على تركيز ٢% من بيكربونات الصوديوم ، وإن لم يتوفر فتغسل العينيين بالماء جيدا . كما يجب استبدال الملابس الملونة بالمواد الكيميائية بأخرى نظيفة . أما إذا أصيب الشخص بالالتهاب الرئوي فإنه يعالج بالمضادات الحيوية مثل البنسلين ومركبات السلفابيريدين . وإذا كان التسمم ناتجاً عن مركبات السيانيد فيعطى حقنا متقطعة على فترات زمنية كل أربع ساعات من نيتريت الصوديوم أو ثيوسلفيت الصوديوم .

أما بالنسبة لغازات الأعصاب بالذات ، فإنه بالإمكان إعطاء المصاب بعض العقاقير التي قد تساعد على شفائه إذا كان لا يزال حيا . وقد وجد أن مادة الأتروبين تشفي بعض تأثيرات غاز الأعصاب لأنها تقوم بعمل مضاد لمادة الأستيل كولين الذي يزداد تركيزه في الجسم بسبب زيادة غازات الأعصاب كما ذكرنا سلفا . كما طورت بريطانيا عقار طبي يسمى ب ٢ – س (P2-S) وهو عبارة عن أوكسيم يستعمل مع الأتردين ، وقد كانت نتائجها أفضل مضادات لغازات الأعصاب .

وهناك مضادات أخرى ضد غازات الأعصاب مثل اسيتايل كولينستريز وبيريدين الدوكسيم ميثيوديد .

وما زالت الأبحاث مستمرة في هذا المجال ، فقد أكتشف مؤخراً أنزيم يمكن الحصول عليه من عصب الحبار (حيوان رخوي من رأسيات الأرجل) يحلل مائيا مثبط الكولينستريز وبالتالي يمكن التخلص من سمية غازات الأعصاب الملوثة للبيئة باستخدام هذا الأنزيم .

الفصل التاسع
الأسلحة البيولوجية

مُقَدِّمَة

تعتبر الأسلحة الكيميائية والبيولوجية أسلحة الدول الفقيرة التي لا تملك الإمكانات المادية والتقنية اللازمة لصنع الأسلحة النووية .

وترجع خطورة الأسلحة البيولوجية (الجرثومية) إلى قدرتها على البقاء لفترات طويلة جداً مقارنة بالأسلحة الكيميائية أو النووية ، وكذلك قدرتها على النمو وحدوث عدوى بين المصابين ، وبالتالي قدرتها على الانتشار .

والأسلحة البيولوجية : هي عبارة عن استخدام الجراثيم أو سمومها في المعارك ، بغرض إصابة جنود العدو بالأمراض الوبائية أو السموم القاتلة – والجراثيم والميكروبات هي كائنات حية لا ترى بالعين المجردة ، وإنما ترى بالمنظار المكبر (المجهر) ، وذلك لصغر حجمها الذي يصل إلى واحد ميكرون (١ ميكرون = 10^{-6} متر) . ومن أمثلتها البكتيريا والفطريات والفيروسات . وهي تتكاثر عن طريق الانقسام كل بضعة

دقائق . لذلك فإنه خلال يوم واحد يتكون من الجرثومة الواحدة أكثر من مائة جرثومة . إلا أن استعمال الأسلحة البيولوجية يحتاج إلى خبرة عالية خاصة المعرفة الصحية وكيفية للوقاية ، نظراً لأن اتجاه الرياح أو سوء استخدام هذه الأسلحة قد يلحق ضرراً بقوات المهاجمين .

ويجب أن تتوفر بعض الشروط في الجراثيم لكي تستعمل كأسلحة بيولوجية نذكر منها : أن تكون سهلة في زراعتها واستعمالها ، وأن تكون لديها قابلية للبقاء تحت مختلف الظروف الطبيعية مثل درجة الحرارة والرطوبة والجفاف وأشعة الشمس ، وقد ثبت بالبحث أن الهجوم الجرثومي في الليل يكون أفضل منه في النهار ، لأن مدة بقاء الجراثيم في الليل يكون أطول . كما يجب اختيار الجرثومة المناسبة التي تسبب المرض والعدوى بأقل عدد منها . وعلى سبيل المثال يدخل الجسم منها – إما عن طريق الاستنشاق أو تناوله مع الطعام أو عن طريق الجروح – فيكفي كائن حي فقط من جرثومة كوسيليا بيزنيتي "Cociellaburnetti" لإحداث حمى كيري "Q-Fever" . كما يجب أن تكون الأمراض الناتجة عن الجراثيم لها أمصال أو يمكن علاجها بالعقاقير المناسبة . ويجب أن لا يملك الشخص مناعة طبيعية لتلك الجراثيم . لذلك ، فإن جرثومة باستوريلا توليرينسيس "Pasteurella Tularensis" المسببة لمرض التولاريميا "Tularemia" (الذي يكون على شكل حمى

متقطعة تستمر عدة أسابيع وقد تؤدى إلى الموت) ، تعتبر من الجراثيم المستخدمة في الحروب البيولوجية . ويرجع ذلك إلى كون الشخص ليس لديه مناعة ضدها ، سواء أكانت المناعة طبيعية أم مكتسبة . وأنه ليس هناك دواء ناجح تماما لهذا المرض . كما أن اللقاح الخاص بها لا يعنى أن مفعوله لا يستمر لفترات طويلة ويجب تجديد اللقاح خلال فترات قصيرة .

ومما يزيد من خطورة الأسلحة البيولوجية ، أنه يمكن تغيير الخواص الطبيعية للجرثومة مثل تغيير المناعة وشكل الجرثومة واختبار الحساسية عن طريق ما يسمى بالطفرة "Mutation" وبالتالي يصعب تشخيصها . كما أن استعمال خليط من أنواع مختلفة من الجراثيم يزيد من خطورة هذه الأسلحة ، حيث يصعب تشخيص المرض ومقاومته . وأحيانا قد يستخدم خليط من أنواع مختلفة من الجراثيم مع خليط من أسلحة كيميائية مما يزيد من فعالية الجراثيم ضد الشخص المنهك بسبب فعل الأسلحة الكيميائية . ويمكن نشر الأسلحة البيولوجية عن طريق نشره على هيئة ضباب دخاني سواء بتعبئته في ذخائر على شكل ضباب نشط أو بالرش مباشرة من خزانات الرش بواسطة الطائرات .

كما يمكن نشر هذه الأسلحة البيولوجية الفتاكة عن طريق تلويث الطعام أو الشراب بالجراثيم أو عن طريق لدغات الحشرات الحاملة للجراثيم .

والجدير بالذكر ، أن الأسلحة البيولوجية قد تكون على شكل سائل ، ويتم ذلك بتوليد الجراثيم باستخدام غذاء سائل ، وإما أن تكون على هيئة مسحوق صلب ، وذلك عن طريق وضع الجراثيم في مادة النشاء أو الزلال الذي يؤدى إلى سهولة انتشار الجراثيم في الجو .

أنواع الأسلحة البيولوجية :

فيما يلي سوف نتناول بعض الأنواع الشائعة من الأسلحة البيولوجية والتي يمكن تصنيفها طبقاً للأمراض التي تسببها كما يلي :

أولا : الأمراض البكتيرية "Bacterial Diseases" :

١- باسيليس انتراسيس : وتسبب مرض الجمرة الخبيثة .

٢- بروسلا ميلتينس : وتسبب مرض الحمى المتحوجة .

٣- فيبرو كوليرا : وتسبب مرض الكوليرا .

٤- مالوميسس مالي : ويسبب الرعام (مرض يصيب الخيل فيسيل لعابها) .

٥- وايت موريلابسيود مالي : ويسبب مرض ميليوديوس .

٦- باستير بلابيتس : ويسبب مرض الطاعون .

٧- باستوريلا توليرينسيس : ويسبب مرض داء التلرمات .

ثانياً : الأمراض الفيروسية "Viral Diseaes" :

١- دينجوفيروسيا ويسبب مرض حمى أبو الركب (Breakbone fever) .

٢- فيروسات تسبب مرض النكاف .

٣- فيروسات تسبب مرض شلل الأطفال .

٤- فيروسات تسبب مرض حمى الببغاء .

٥- بوكسي نايرس فاريودي ويسبب مرض الجدري .

٦- فيروسات تسبب مرض الحمى الصفراء .

ثالثاً : أمراض الكساح "Rickettisal Diseases" :

١- كوسيليا بيرفيتى: وتسبب مرض حمى كيرى (Q-Fever) .

٢- ركيتسيا بروزوكى: وتسبب مرض التيفوس الوبائى .

رابعاً : الأمراض الفطرية "Fungal Diseases" :

١- كوكسيدويس اليميتيز : ويسبب مرض كوكسيدو ميوكيس .

خامساً : السميات "Toxin" :

١- كلوستريديم : ويسبب التسمم من تناول لحوم فاسدة .

٢- بتولينيوم : ويسبب التسمم من تناول اللحوم والأسماك الفاسدة .

مع العلم بأن خطر البتولينيوم نفسه غير سام ، وإنما ينتج واحدا من أعظم السموم المعروفة للإنسان وهو يقتل في الحال .

أي شخص يأكل من اللحوم والأسماك الفاسدة . وتفيد أحداث التاريخ بأن الأسلحة البيولوجية استخدمت منذ قديم الزمان . وكان يتم ذلك عن طريق إلقاء جثث الموتى والمصابين بأمراض معدية مثل الطاعون والجدري وغيرهما في صفوف الأعداء أو عن طريق تلويث مياه الشرب . ومع تقدم العلم والوسائل التكنولوجية المختلفة أمكن إنتاج الأسلحة البيولوجية بصور متعددة .

خرق اتفاقيات الحظر الدولية :

وقد عقدت عدة اتفاقيات دولية لمنع استعمال الأسلحة البيولوجية في المعارك . هذه الاتفاقيات حثت على تدمير مخزون جميع الدول من هذه الأسلحة وذلك نظرا للخطورة التي تشكلها تلك الأسلحة التي ربما تؤدى إلى نشوء أمراض وبائية في العالم أجمع إذا ما طورث هذه الأسلحة وأنتجت جراثيم قاتلة ليس لها مضادات حيوية . ومن أهم هذه الاتفاقيات هي اتفاقية جنيف عام ١٩٢٥ التي تحرم الأسلحة الكيميائية والبيولوجية ، وقد تلتها اتفاقيات أخرى إلا أنه تم خرق هذه الاتفاقيات في بعض الحروب . وكما ذكر في بعض التقارير ما قامت به اليابان إبان حربها مع الصين عام ١٩٤٠م بنشر وباء الطاعَون عن طريَق إنزال أعداد كبيرة من الجرذان الموبوءة بالمظلات في مدن عديدة بالصين . وقد أدى ذلك إلى مقتل عدد كبير من الناس . وتشير الأحداث إلى الأسلحة البيولوجية قد استخدمت

في الحرب الكورية وكذلك في فيتنام . كما أن كثيرا من الدول لم تدمر مخزونها من هذه الأسلحة ، بل مازالت الأبحاث المتقدمة مستمرة في هذا المجال الخطير .

وكان السبق في هذه الأبحاث يعود إلى الخبراء الألمان والروس والأمريكان والبريطانيين قبل وأثناء الحرب العالمية الثانية . وهناك العديد من الدول التي يعتقد بأنها تجرى أبحاثا مكثفة على الأسلحة البيولوجية بالإضافة إلى الدول سالفة الذكر ، وهي ألمانيا وكندا والسويد وإسرائيل وجنوب أفريقيا وفرنسا والصين . إلا أنه من الصعب على أجهزة الرقابة والتفتيش الدولية تحديد جميع الدول التي تجرى أبحاثا في هذا المجال ، وذلك يعود لإمكانية إخفاء هذه الأسلحة في المستشفيات والجامعات بحجة أن هذه الأبحاث تجرى لأغراض طبية وقائية .

كما أن جميع دول العالم سواء المتقدمة أو النامية بإمكانها الحصول على الأسلحة الجرثومية ، وذلك لسهولة تصنيعها بتكاليف قليلة وبكميات كافية . ويمكن إنجاز ذلك بسرعة كبيرة وفي مختبرات بسيطة . لذلك فإن مراقبة حصر هذه الأسلحة يعتبر مسألة صعبة .

طرق الوقاية والعلاج :

ونظرا لأن الهجوم بالسلاح الجرثومي غالبا ما يكون عن طريق نشره على هيئة ضباب دخانى كما ذكرنا فإن الإصابة تكون عن طريق استنشاق ذلك الضباب لذلك فإن أفضل الطرق للوقاية هو استخدام الأقنعة الواقية لهذه الجراثيم .

كما يجب الحذر من الحشرات والمياه والمأكولات الملوثة بالجراثيم ولابد من إجراء التطعيمات المناسبة ضد الجراثيم المتوقع استخدامها من قبل العدو .

أما في حالة دخول الجراثيم الجسم ، فيأخذ المصاب فوراً خليطا من المضادات الحيوية المؤثرة في كثير من الجراثيم ، مثل أخذ حقنة مكونة من جرام واحد من الاستربتومايسين ونصف جرام من البنسلين ونصف جرام من الترامايسين .

وبعد تحديد نوعية الجراثيم ، يجب أن يأخذ المصاب المضاد الحيوي أو المصل الواقي لهذه الجراثيم وحسب نوعها . كذلك لابد من عزل المصابين حتى لا تنتقل العدوى ، وإعطاء غير المصابين اللقاحات الواقية ضد هذه الجراثيم .

والجدير بالذكر ، أنه توجد حاليا أجهزة خاصة متطورة لأخذ عينات من الهواء وتحليله لمعرفة نوعية الجراثيم

الموجودة ، وبالتالي يمكن الحصول على المضادات الحيوية المناسبة والأمصال الواقية قبل استفحال المرض .

التنبؤ بالهجوم الجرثومي :

ويمكن الاستدلال على احتمالية وقوع هجوم بالأسلحة البيولوجية عندما يشاهد ضباب دخانى أو حشرات أو قنابل ضعيفة الانفجار . ومن وسائل الوقاية المهمة محاولة متابعة العدو والتنبؤ بنوعية الأسلحة البيولوجية التي يملكها حتى يتم الاستعداد بتحضير الأمصال واللقاحات المناسبة .

إلا أنه رغم أساليب الوقاية المتعددة ، فإنه في حالة الحرب قد تفقد السيطرة على مثل هذه الأمراض مما يؤدى إلى انتشار الوباء ، وبالتالي إضعاف الروح المعنوية لدى المقاتلين . وهنا تجدر الإشارة إلى انتشار فيروس الأيدز الذي يصيب جهاز المناعة للإنسان بالكامل ن ويسبب الموت للشخص المصاب . ولا يوجد حتى الآن طريقة علمية للعلاج أو احتواء هذا الفيروس ن الذي ينتقل من الشخص المصاب ويسبب العدوى للأشخاص السليمة بطرق عديدة مثل عمليات نقل الدم والممارسات الجنسية الشاذة !! وهناك شكوك علمية حول قصة اكتشاف هذا الفيروس القاتل ، وهل حقيقة للإنسان دور ما في تصنيعه بغرض استعماله كسلاح بيولوجي؟ .

الجمرة الخبيثة نموذجاً :

بعد أحداث ١١ سبتمبر عام ٢٠٠١ ، وعلى أثر تعرض الولايات المتحدة الأمريكية لهجوم إرهابي مباغت وتدمير مبنى التجارة العالمية ، قامت الولايات المتحدة الأمريكية بشن حملة عسكرية ضخمة حشدت فيها دول العالم في مواجهة ما يسمى بقواعد الإرهاب .

وفي ظل هذه الأحداث ، تعرضت الولايات المتحدة الأمريكية لحملة لنشر جرثومة الجمرة الخبيثة (الإنتراكس) عن طريق الرسائل البريدية . ومنذ ذلك التاريخ شاع اسم " الإنتراكس " وانتشر في العالم بعد أن كان محصوراً في الدوائر الضيقة للعلماء .

وقد اهتمت وسائل الإعلام بهذا المرض وتناولته بين حين وآخر وتربط ذلك بعمليات التفتيش الدولية في العراق بحثاً عن عناصر أسلحة الدمار الشامل والتي تعتقد الولايات المتحدة الأمريكية بامتلاكه لها وقدرته العلمية على إنتاجها .

والآن صار هذا الموضوع شأناً تهتم به بلدان العالم .

وفيما يلي سوف نلقى الضوء على طبيعة هذه الجرثومة الفتاكة . يعتقد الخبراء الأمريكيون أن تكون جرثومة الجمرة الخبيثة المنشورة بالرسائل البريدية هي من سلالة أميس

"Ames" . وقد أنتج العلماء هذه الجرثومة في الثلاثينات من القرن العشرين .المنصرم في حقول زراعية قرب مدينة تحمل الاسم نفسه في ولاية أيوا الأمريكية ، وتم ذلك عقب حدوث إصابات بين المزارعين ومربى الماشية . وطوال السنوات الماضية كان الباحثون في المعهد العسكري للأبحاث الطبية في الولايات المتحدة الأمريكية يدرسون هذه السلالة ويوزعونها بصفة دورية على الباحثين في الجامعات الأخرى لأغراض البحث العلمي .

والجدير بالذكر أن سلالة أميس "Ames" تنمو بصورة جيدة في المستنبتات البكتيرية ، وتعتبر المرجع في تشخيص وباء الجمرة الخبيثة . وتنشأ هذه الجرثومة أساسا في التربة الأرضية . وهذه العصبيات الإنتراكسية يمكن أن تنتج أنواعاً شديدة المقاومة يمكنها أن تبقى سنوات كثيرة في التربة وفوق النبات وفي شعر ووبر الحيوانات . وهكذا تكون مصدر خطر بالنسبة إلى المزارعين والعاملين في مهنة حلج الصوف ومدابغ الجلود . وتتواجد هذه الجرثومة في ثلاثة أشكال للجمرة الخبيثة : الجلدي والرئوي والمعوي . وأساس هذه الأمراض واحد وهو الجرثومة . إلا أن الفرق الوحيد هو طريقة دخول هذه الجرثومة إلى الجسم . فالجمرة الخبيثة الجلدية قد تحدث بفعل ملامسة الحيوانات المريضة أو نواتجها . والجمرة الخبيثة الرئوية تحدث عن طريق الاستنشاق لبودرة البكتيريا .

أما الجمرة الخبيثة المعوية فتحدث بفعل تناول لحوم حيوانات مريضة .

وفي العصر الحديث ، لم يبلغ مرض الجمرة الخبيثة حالة وبائية لأن الإصابات تكون محلية ، حيث أن الإصابة بالجمرة الخبيثة يبلغ نحو ألفين إصابة سنوياً في جميع أنحاء العالم . في حين تكون الجمرة الخبيثة الرئوية والجمرة الخبيثة المعوية نادرتين . وطبقاً للإحصائيات التي سجلت بالولايات المتحدة الأمريكية فإن ١٨ حالة إصابة سجلت بالجمرة الخبيثة بين عامي ١٩٠٠ و ١٩٧٨ . وتعتبر نسبة الإصابة الطبيعية بهذا المرض غير الجنائية واحد في المليار . والجدير بالذكر ، أن بكتيريا الجمرة الخبيثة لا تستطيع اختراق الجلد السليم ، لكنها تدخل إلى أعماق الجلد من خلال جروح أو كشطات مجهرية . وعند الاكتشاف المبكر للإصابة يمكن معالجة المرض بالمضادات الحيوية . أما في حالة الإهمال فتكون النتيجة خطيرة وعادة تحدث الوفاة . وتقدر نسبة الوفاة بهذا المرض حوالي ٢٠% .

وتتواجد هذه الجرثومة في مناطق عديدة من العالم وهي موجودة طبيعياً في حزام يمتد من تركيا إلى باكستان . وتتواجد في أوروبا فيما يسمى بالحقول اللعينة (وهي أراضى لوثتها حيوانات هربت إلى أوروبا قبل وقت طويل) . وهذا البكتيريا تتمتع كما ذكرنا سلفاً بخاصية التجرثم ، أي القدرة على حماية

نفسها داخل غلاف واحد (كبسولة) عندما تكون الظروف غير مواتية لها . وهذا يسمح لها بالبقاء حية مدة طويلة .

وقد سمحت اللقاحات بتقليص حدوث المرض في الحيوانات والقضاء عليها تقريباً لدى البشر (على الأقل في الدول الغربية) . وهذا يفسر سبب الاحتفاظ ببعض سلالاتها في المختبرات البيطرية ومراكز البحوث في العالم لأغراض علمية .

والسؤال الذي يطرح نفسه بالإلحاح هو : هل الجمرة الخبيثة معدية؟ والإجابة تتلخص فيما يلي : تميل جراثيم الإنثراكس إلى التكتل (التعنقد) وأن نشرها يحتاج إلى جعلها أشبه بالبودرة وهذا يحتاج بدوره إلى أجهزة تكرير وتنقية مكلفة وإلى كوادر فنية متخصصة تعمل في هذا المجال . فإذا لم تكن الجمرة الخبيثة معدية ، فهي تعتبر أشد خطراً أكثر مما نظن ، ويتمثل ذلك في صعوبة الكشف عنها . وهذه الجراثيم تتمتع بخواص فريدة يجعل من الصعب اكتشفها ، حيث أن الرذاذ الجرثومي ليس له لون ولا طعم ولا رائحة ، وهذه ميزة يتفوق فيها السلاح الجرثومي على السلاح الكيميائي ، يجعل من الجمرة الخبيثة وسيلة مثالية لهجوم إرهابي !! فنرى على سبيل المقارنة أن ضحايا الهجوم الكيميائي يسقطون مرضى فوراً في المكان نفسه ، بينما الهجوم الجرثومي يحصل بلا أي انتباه فيطيل فترة حضانة الجرثومة في الجسم .

وبالنسبة إلى جرثومة الجمرة الخبيثة فتتراوح فترة الحضانة من يومين إلى خمسة أيام . وهكذا ينتشر المرض بين الضحايا الغافلين ، ولا يمكن الكشف عن الجرثومة إلا بطرق عيادية إكلينيكية . من هنا يصبح من الضروري عمل شبكات مراقبة وبائية تسمح بربط هذه الحالات وعمل صورة للواقع وتحديد نسبة انتشار الوباء .

وبناء على ذلك ، تعتبر جرثومة الإنثراكس إحدى وسائل الحرب البيولوجية ، ومن المعروف أن الولايات المتحدة الأمريكية احتفظت بمخزون كبير منها حتى عام ١٩٦٩ . ومن الحوادث القليلة التي سجلت في هذا المجال ، هو تسرب جرثومة الجمرة الخبيثة عام ١٩٧٩ من إحدى المختبرات العسكرية بالاتحاد السوفييتي (قبل التفكك) والذي اكتشف عام ١٩٩٢ بأن هذا المرض أدى إلى وفاة ٦٨ شخصاً بالإضافة إلى عدد كبير من المصابين .

وحالياً يعطى الجيش الأمريكي لأفراده لقاحات مضادة للإنثراكس . ومن الأمور الخطيرة في هذا المجال إمكانية استخدام الهندسة الوراثية في إنتاج بكتيريا معدلة وراثياً تستطيع التغلب على الجهاز المناعي البشرى وعلى اللقاحات التحصينية وعلى المضادات الحيوية التي تكافح المرض .

والآن دعنا نتساءل عن أعراض الإصابة بالجمرة الخبيثة ، في بداية الإصابة ، للإصابة بالجمرة الخبيثة الرئوية لا يوجد أي أعراض مرضية ، فالمصاب قد يبدو مريضاً بالزكام أو الأنفلونزا أو التهاب الشعب الهوائية . ومن هنا يجب الاحتراس عند الإصابة بالزكام ، حيث يصاحب الإصابة بالجمرة الخبيثة ضيق في التنفس وسعال شديد مصحوب بألم وحمى شديدة جداً . وفي كثير من الحالات يفشل الأطباء في تشخيص الإصابة بالمرض وتصبح حياة المصاب مهددة بنسبة عالية .

ونظراً لإمكانية الانتشار الوبائي للمرض وإصابة أعداد كبيرة من البشر ، فينبغي إعلان الإصابة على الملأ وعدم التستر عليها وعزل المرض وفرض الحجر الصحي عليهم ، حتى ينتبه الناس إلى وجود خطر وبائي .

وقد توصل الخبراء إلى إمكانية الكشف عن الجرثومة بواسطة الحمض النووي DNA بطريقة تضاعف الحمض النووي أو باستعمال ما يعرف بطريقة المناعة الفوسفورية لكشف الميكروب . وهناك بالطبع الطريقة التقليدية وهي اخذ عينة مسحية من الأنف المصابة ثم عزل الجرثومة من العينة .

ومن المعروف أن الجمرة الخبيثة ليست قاتلة إذا تنبه المصاب إلى المرض مبكراً . ولكن المشكلة تكون كبيرة إذا ثبت أن الجرثومة من نوع " أميس " "Ames" ، حيث أن

اللقاحات المضادة لا تستطيع مواجهة هذه الجرثومة والتي تسبب الوفاة للمريض في وقت قصير .

وهناك نوع من هذه الجرثومة من سلالة تسمى فوليوم "Volum" وتم عزلها في اكسفورد عام ١٩٣٠ ولكن هذا النوع غير منتشر في الطبيعة .

ولعل هذا النموذج الذي أوردناه يؤكد أهمية امتلاك الدول للخبرات العلمية والتكنولوجية المؤهلة للأكتشاف السريع لوجود هذا السلاح الجرثومي ومحاصرته وعلاج من يتعرضون له .

الهندسة الوراثية والحرب الجرثومية :

أتاحت تقنيات الهندسة الوراثية الفرصة لتعديل الأشياء الموجودة طبيعياً . ويتم ذلك عن طريق إدخال أجزاء متخصصة أو معلومات وراثية إضافية فيها . وبالرغم من الإنجازات الكبيرة والعظيمة لهذه التقنيات والتي قدمت الكثير في مجال الأبحاث الطبية والطب الشرعي وتحسين السلالات والمنتجات الزراعية ، إلا أن تقنيات الهندسة الوراثية تستخدم أيضاً في الحرب البيولوجية مما يهدد بقاء الإنسان ذاته ، حيث يمكن استخدام الكائنات الدقيقة (المجهرية) كالفيروسات والبكتيريا المعالجة وراثياً لشن حرب على العدو . وذلك عن طريق إدخال قطع من الحمض النووي أو الجينات تحتوي على ميزات مرغوبة داخل جرثومة مرضية كصفة مقاومة المضادات

الحيوية أو التطعيم أو إنتاج سموم جديدة . وبهذه الطريقة تمكن العلماء من تطوير جراثيم متخصصة .

وكما ذكرنا سلفاً ، هناك نوعان للحرب البيولوجية هما:

النوع الأول : إطلاق الجراثيم على الضحايا بطريقة مباشرة لتهاجم الخلايا وتدمر وظائفها .

النوع الثاني : استعمال طريقة غير مباشرة باستخدام مواد ناجمة أو مشتقة من الجراثيم وهي نشطة كاستعمال السموم البكتيرية أو الهرمونات أو الببتيدات العصبية (السيتوكينس) والتي تنتجها الميكروبات . والببتيدات العصبية تحفز الخلايا وتؤثر على النظام العصبي . أما السيتوكينس فهي عبارة عن بروتينات صغيرة أو عوامل بيولوجية تطلقها الخلايا والتي لها تأثيرات خاصة على تفاعل وسلوك الخلايا بعضها واتصالها مع بعضها .

إن العديد من الميكروبات لديها الإمكانيات لتكون معدلة وراثياً واستخدامها في الحروب . وأكثر هذه الميكروبات بشكل عام هي عصبيات الجمرة الخبيثة وفيروس الأيدز (نقص المناعة المكتسبة) وفيروس الجدري وبلانكتون البفيستريا المسببة للمد الأحمر ، وفيروس الإيبولا وبكتيريا الشتريشيا القولونية وبكتريا الطاعون وفيروس الكوليرا والفيروس المسبب لالتهاب المخ .

وقد استعملت هذه الكائنات في الماضي ومازالت تستخدم حتى الآن . وتعتبر المعلومات الفنية لتقنيات الهندسة الوراثية من الأسرار العسكرية للدول .

والجدير بالذكر أن الاستخدام العام للجراثيم في الحروب تكون أكثر فعالية من القنابل التقليدية أو الأسلحة الكيميائية ، فهي لا تحتاج الكثير من الكائنات المضيفة لكي تتكاثر وتنتشر . وبسبب مضاعفة الميكروبات لنفسها فإن المرض بإمكانه الانتشار السريع بالمقارنة بالأسلحة الكيميائية ، حيث يكون تأثيرها محلي فقط ولا تنتشر بين الضحايا . وفي العقدين الماضيين تقدمت البحوث في مجال استخدام الهندسة الوراثية في الحروب الجرثومية . وقد نجح الباحثون في الدول المتقدمة من إدخال جينات في الجراثيم الخطرة التي من المحتمل أن تستخدم كأسلحة فتاكة . وتم صناعة سلالات من الجراثيم مقاومة للمضادات الحيوية وهي سلالات تكون غير قابلة لكشف عنها بالأجهزة الطبية التقليدية . وكذلك تم إنتاج سلالات مقاومة للتطعيمات أو تلك التي تنتج عند الإصابة بها أعراضاً طبية غير عادية ، مما يصعب تشخيص المرض من قبل الأطباء بشكل عام . إن نقل الجينات يجعل صناعة الأسلحة البيولوجية أكثر فعالية ، وهذا بالطبع يوسع مجال الحرب الجرثومية العسكرية مما يجعل القتال بهذه الأسلحة أكثر صعوبة للوقاية والسيطرة عليها . وكمثال على ذلك ، تم إدخال جين في جرثومة مرض

"التولاريميا" وهي فرنسيلا تولورنسس إحدى الجراثيم المصنفة في الأسلحة البيولوجية . هذا الجين جعل الجراثيم تنتج مادة بيتا أندروفين ، وهو عقار إنساني ذاتي النشوء ، الذي سبب تغيرات في سلوك الفئران عندما أصيبت بالجرثومة المعدلة وراثياً من فرنسيلا تولورنسس . والجدير بالذكر أن هذه التجربة أجريت عام ١٩٨٠ في مدينة أوبولينسك قرب موسكو روسيا . ويقول الخبراء أن الجين الذي تم إدخاله غير كامل العدوانية ، ويمكن استخدام جين أخر مثل جين الأندروفين والذي يؤدي إلى ظهور أعراض أخرى على المصاب لا يمكن تشخيصها أو التعرف عليها . وفي عام ١٩٨٦ نجح فريق من الباحثين في الولايات المتحدة الأمريكية في تحويل جراثيم غير مؤذية إلى جراثيم عدوانية باستعمال تقنية الهندسة الوراثية وذلك بإدخال جينات قاتلة . كما تم عزل الجين القاتل من جرثومة عصوية (الجمرة الخبيثة) وإدخالها في بكتيريا الأمعاء القولونية (وهي بكتيريا غير مؤذية في العادة وقد تكون مفيدة ، مما جعل البروتين القاتل جرثومة الجمرة الخبيثة يظهر في البكتيريا القولونية ويسبب نفس التأثيرات المميتة التي تسببها الجمرة الخبيثة .

والجدير بالذكر أن هناك مخاوف شديدة من انتشار جراثيم فتاكة غير الجمرة الخبيثة قد تصبح أسلحة بيولوجية . فبعد أحداث ١١ سبتمبر ٢٠٠١ وتعض الولايات المتحدة لهجوم بيولوجي عن طريق إرسال السائل البريدية محملة بفيروس

الجمرة الخبيثة ، أصدرت الحكومة الفيدرالية الأمريكية أسماء فيروسات أخرى مرعبة وهي :

- سم البوتوليزم ، وهو أشد السموم فتكاً وسريع الانتشار ويمكن إنتاجه بسهولة ، مما يجعل احتمال شن هجوم بهذا السلاح مرعباً للغاية . ومن أعراض الإصابة ما يلي:
- تدمير الجهاز العصبي وتشوش الرؤية وصعوبة النطق وتراخي الجفون وضعف العضلات وقد يؤدي إلى توقف التنفس .
- فيروس الطاعون ، ويسبب الإصابة الرئوية والحمى والصداع والوهن والسعال المصحوب بالدماء وتؤدي في معظم الأحوال إلى الوفاة .
- فيروس الجدري ، وهو سريع الانتشار بين السكان ويسبب ارتفاع درجة الحرارة والضعف وظهور طفح جلدي يتحول إلى قرح مليئة بالقيح وتتراوح نسبة الوفيات ٣٠% من المصابين .
- فيروس التولاريميا ، وهي جرثومة معروفة منذ أحداث الحرب العالمية الثانية وتؤدي إلى فشل الرئة عن القيام بوظائفه وتحدث الصدمة ثم الوفاة .
- فيروس إيبولا ، ويسبب حمى النزف والغثيان والصداع والتقيؤ وألام في الصدر والسعا والنزيف الداخلي . وهو فيروس معدي و يؤدي إلى وفاة ٦٠% من المصابين .

- والجدير بالذكر ، أنه يوجد أنواع جديدة من الفيروسات ليس لها أي علاج مثل فيروس ماربورج وفيروس لاسا ويعتقد إمكانية استخدامها كسلاح بيولوجي .

الفصل العاشر
النفايات الخطرة
وصراع الشمال والجنوب

مقدمة

خلال القرن العشرين المنصرم ، حققت الدول المتقدمة نمواً كبيراً في شتى مجالات الحياة وتعددت صناعاتها ، مما أدى إلى تزايد ملموس في حجم النفايات الناجمة عن ذلك . وفي العقدين ، الماضيين لجأت هذه الدول إلى أساليب متنوعة للتخلص من نفاياتها الصناعية ، سواء داخل هذه الدول أو خارجها ، وقد تناقلت وسائل الإعلام المختلفة أخبار رصد حالات لإلقاء كميات هائلة من نفايات الدول الصناعية خاصة النفايات النووية في عدد من دول العالم النامي ، مما خلق حالة من الذعر والهلع في الأوساط الشعبية ولدى الجهات المسئولة في هذه الدول .

فيما يلي سوف نلقى الضوء على مشكلة النفايات الصناعية للدول المتقدمـــة (دول الشمال) وذلك من خلال تحديد ماهية هذه

النفايات ومصادرها ، وكذلك الأسس التي تؤخذ بعين الاعتبار عند اختبار مواقع التخلص منها .

النفايات الصناعية :

يمكن القول أن النفايات تشمل جميع المخلفات السامة المتمثلة في المواد القابلة للاشتعال الآكلة أو المتآكلة أو القابلة للتفاعل الناتجة عن فضلات المؤسسات الصناعية والمفاعلات النووية وغيرها .

ونظراً لأهمية هذا الموضوع فقد اهتمت جميع الدول بتأثير هذه النفايات على تلوث البيئة ، فقد أسست الولايات المتحدة الأمريكية جهاز حماية البيئة الأمريكية (U.S. Environmental Protection Agency)EPA ويقوم هذا الجهاز بإجراء مسح شامل ودقيق لجميع المؤسسات التجارية والصناعية بالولايات المتحدة الأمريكية لمعرفة طبيعة وكمية نفاياتها ، بالإضافة إلى معرفة الطرق المتبعة للتخلص منها .

وتعتبر الصناعات الكيميائية والمعدنية المصدرين الرئيسين للنفايات الصناعية في الولايات المتحدة الأمريكية . ومن الملفت للنظر أن قائمة الصناعات التي تسهم في ظاهرة النفايات الصناعية السامة تشمل صناعة الورق والجلود والنسيج والأخشاب والأثاث بالإضافة إلى الكثير من المؤسسات التجارية

الصغيرة مثل مغاسل البخار ومعامل تحميض الصور الفوتوغرافية وورش إصلاح السيارات .

الطرق المختلفة للتخلص من النفايات :

والآن دعنا نتساءل ، كيف آلت مشكلة النفايات إلى ما هي عليه الآن؟ وما هي الطرق الشائعة المتبعة للتخلص منها؟ .

تشير بعض المصادر إلى أن هنالك طرقاً عديدة للتخلص من هذه النفايات الصناعية ، مثل إلقائها في الأرض ، أو معالجتها كيميائيا أو حيوياً لتقليل نسبة المواد السامة بها ، أو إعادة تصنيع هذه النفايات واستخدامها كمواد أولية لصناعات أخرى أو مصدر للطاقة أو حرقها . ولكن يظل لبعض هذه الطرق مميزات أكثر بالمقارنة بالأخرى ، وذلك تبعاً لتكلفتها المادية ومدى سهولتها ، وقد أشار أحد تقارير مكتب حماية البيئة الأمريكية "EPA" بأن حوالي ٩٢% من النفايات الأمريكية تلقى في الأرض ، بينما ٤% منها يتم معالجتها كيميائياً والبقية يعاد تصنيعها لاستخدامها في أغراض أخرى ، أما من حيث التكاليف فهي متباينة بشكل كبير ، على سبيل المثال وجد أن تكاليف إلقاء طن واحد من النفايات في الأرض تبلغ ١١ (أحد عشر) دولاراً أمريكيا ، أي حوالي خمسين جنيها مصرياً . بينما تبلغ تكاليف إعادة تصنيع هذه الكمية من النفايات ١٩ (تسعة عشر) دولاراً أمريكيا ، أي ما يعادل مائة جنيها مصرياً .

أما تكاليف المعالجة الكيميائية أو الحيوية فتصل إلى ٥٠ خمسين دولاراً أمريكيا أي ما يعادل مائتين وخمسين جنيها مصرياً .

والجدير بالذكر أنه بالإضافة إلى النفايات الصناعية المذكورة سابقاً ، فإن أكثر من عشرين دولة قد طورت برامجها لاستخدام الطاقة الذرية في مشاريعها المختلفة العسكرية ، والمدنية على حد سواء ، ومعظم هذه الدول بدأ في تطوير بعض الطرق للتخزين ومن ثم التخلص من النفايات الذرية والنووية المشعة الناجمة عن ذلك ، لكن اختيار مواقع التخزين لهذه النفايات الخطيرة ظل عملية أكثر تعقيداً ، حيث أن هناك خلافاً كبيراً على ذلك بين المستويات الحكومية المركزية والمحلية وكذلك معارضة كبيرة من قطاع واسع من المواطنين لهذه المشاريع نظراً لخطورتها الصحية والآثار الاقتصادية والأمنية للعيش بالقرب من هذه المواقع .

والذي يدعو حقيقة للأسف أنه بالرغم من تزايد جبهة المعارضة الشعبية للتخلص من هذه النفايات الخطيرة في بعض المواقع ، ترى بعض الحكومات والفئات سواء في العالم المتقدم (دول الشمال) أو العالم النامي (دول الجنوب) ترحب بوجود هذه المخلفات في بيئتهم للحصول على بعض الدعم المادي مقابل ذلك .

أساليب التخلص من النفايات الذرية :

وكما أن للتخلص من النفايات الصناعية أساليب شتى ، فإن الحال كذلك بالنسبة للنفايات الذرية والنووية ، نذكر منها على سبيل المثال ، إمكانية وضعها في براميل خاصة تم دفنها على بعد ثلاثة إلى عشرين متراً تحت الأرض ، وقد جرت العادة أن تلقى العديد من دول الشمال المتقدمة نفاياتها النووية في المحيطات ويعتبر استخدام جوف الأرض كمدافن للنفايات "Land Fill Disposal Of Hazardous Wastes" هو الأكثر شيوعاً على الرغم من مخاطره على البيئة وصحة الإنسان ، لذا فإن اختيار المواقع الملائمة لهذه المدافن يعتبر عملية في منتهى الخطورة . بالإضافة إلى أهمية اختيار موقع مناسب للتخلص من النفايات ، فإن تصميم طريقة جديدة للتخلص من هذه النفايات أمر حساس أيضاً ، حيث تنجم معظم المشاكل البيئية والصحية عن سوء اختيار الموقع أو رداءة تصميم طريقة التخلص من هذه النفايات ، وفي حالات كثيرة يتم تغطية. هذه النفايات بطبقة من التربة ، للحد من تجمع الحشرات والطيور حولها وأكلها وتفاقم المشكلة على نطاق واسع .

ونظراً للخطورة الكبيرة التي تحتوى عليها النفايات المختلفة ، فقد أوصى خبراء البيئة بمراعاة أن يتسم موقع ردم النفايات بسماكة طبقات تربته "Thick Soil Strata" مع تكوينها من طين غير قابل للنفاذ وذي مسامية محدودة .

(Highly Impermeable Clay) وفي منطقة لا تستخدم مياهها الجوفية أو السطحية للأغراض البشرية ، وتشير كثير من الدراسات في هذا الشأن بأن عدداً كبيراً من المواقع الحالية لا تتوفر فيها الشروط السابقة .

وبعد أن يتم دفن النفايات الصناعية في باطن الأرض ، تتساقط الأمطار التي تخترق مياهها طبقة التربة المغطاة بها لتسهم في تسرب العناصر الكيميائية التي تشكل جزءاً كبيراً من تركيب هذه النفايات إلى المياه الجوفية ، وحتى المياه السطحية المتمثلة في الأنهار الجارية التي يعتمد عليها الإنسان في سد احتياجاته ، كما أن كمية كبيرة من هذه العناصر الكيميائية ينتهي بها المطاف لتترسب في طبقات التربة التي يعتمد عليها في الزراعة وإنتاج المحاصيل ورعي الحيوانات التي تعتبر الثروة الحيوانية الغذائية للإنسان ، ويدخل في قائمة هذه العناصر الكيميائية غازات الميثان والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون والنشادر والهيدروجين وثاني وثالث أكسيد الكبريت وبعض من أكاسيد النيتروجين بالإضافة إلى عناصر أخرى .

والجدير بالذكر أن المياه تحمل هذه العناصر الكيميائية السامة ومركباتها المكونة للنفايات وتنقلها من أماكن إلقائها الأصلية إلى أماكن أخرى غير طبقات التربة المختلفة ، وعلى الرغم أن هذه العناصر الكيميائية السامة تتحرك ببطء في المياه الجوفية والتربة ــ إلا أنها تصل إلى مسافات بعيدة ، ومما يؤكد

ذلك أن بعض الأبحاث أوضحت وجود نسبة كبيرة من الزئبق والرصاص في مياه تبعد عدة كيلومترات عن بعض مرادم النفايات السامة .

وقد اعتبرت هذه المياه غير صالحة للاستعمال وتشكل خطراً على البيئة المحيطة بها .

كل ذلك حدا بالكثيرين إلى انتهاج مبدأ الحيطة والحذر من هذه النفايات الخفية .

ونظراً لتزايد الوعي البيئي بخطورة هذه النفايات الصناعية ، فإن هناك عدة محاولات قائمة في الدول الغربية لتنظيف البيئة من النفايات الصناعية ، وكذلك متابعة حالة المياه الجوفية والسطحية ، كما أدى اكتشاف الإصابة بحالات السرطان والإجهاض ، وكذلك حدوث حالات التسمم الزرنيخي ، وأيضاً تشخيص حالات وفاة المواشي وإصابتها ببعض الأمراض الخطيرة إلى وجود هذه النفايات بالقرب من أماكن تواجد هذه الحالات .

وتجدر الإشارة إلى صعوبة ملاحظة جميع الحالات المرضية وإيجاد نوع من الربط بينها وبين النفايات بطريقة مباشرة .

يستخلص من ذلك أن عملية التخلص من النفايات الصناعية في الدول المتقدمة قد خلقت أزمة كبيرة خلال السنوات الماضية ، حيث تزايد الاهتمام بمتابعة ومراقبة تلوث الماء والهواء .

وخلال السنوات الأخيرة لجأ الكثير من الدول الصناعية في التخلص من نفاياتها الصناعية خارج حدودها وعلى أراضى دول أخرى . حتى أن بعض الدول الصناعية لجأت إلى شحن نفاياتها على متن سفن خاصة وأرسلتها لتلقى بعيداً عن مياهها الإقليمية أمام سواحل أفريقيا أو في البحر الأحمر .

ومن الملفت للانتباه أن بعض الدول الغربية ترى أنه يجب أن تحتوى المعاهدات التجارية مع دول الجنوب النامي على بنود تسمح لها بإلقاء نفاياتها في أراضى تلك الدول وبالذات تلك الدول ذات الكثافة السكانية المنخفضة .

وقد اتخذت النفايات التي تصل من الدول المتقدمة إلى العالم النامي أشكالاً وصوراً مختلفة ومسميات وشعارات شتى على سبيل المثال وليس الحصر ، وصل رماد من مدينة " فلادليفيا" الأمريكية إلى "هايتي" على أنه سماد ، بينما وصلت نفس النفايات إلى دولة " غينيا" على أنها مواد لصناعة الطوب .

ولعلنا نتذكر ما أوردته وكالات الأنباء من ضبط كميات من المواد الكيميائية النقية أرسلتها شركة " كولبرت روترز " الأمريكية إلى شركات في كل من الهند وكوريا الجنوبية ونيجيريا وهي لم تكن في الحقيقة سوى شحنة من المبيدات الحشرية منتهية مدة الصلاحية ، والجدير بالذكر أن هذه النفايات قد تشحن إلى الدول النامية لحساب شركات مزيفة لا وجود لها في الواقع ، وبعد تتبع بعض محاولات التخلص من النفايات الصناعية في العالم النامي ، اكتشف تورط العديد من الشركات المحلية والسماسرة بهذه الدول النامية مع شركات عالمية في هذه العمليات ، كما تبين أن هنالك خطوطاً بحرية وشركات متخصصة في نقل النفايات الصناعية من دول الشمال المتقدم إلى بعض دول الجنوب النامي .

وتلعب الظروف السائدة في بعض الدول النامية ، من تخلف اقتصادي وديون طائلة للمؤسسات الغربية بالإضافة إلى انغماسها في حروب أهلية متعددة ، دوراً كبيراً في جعل هذه الدول ميادين رحبة للنفايات الصناعية للدول المتقدمة . وقد تناولت وكالات الأنباء أيضاً اتفاق بعض المسئولين بدولة "غينيا بيساو" مع شركات سويسرية وبريطانية لتصدير ١٥ ألف طن أسبوعياً من نفايات الولايات المتحدة الأمريكية مقابل ١٢٠ (مائة وعشرين) مليون دولار في السنة ، مما يعادل الدخل القومي لهذه الدولة .

وقد وجد أن بعض الدول النامية الفقيرة تقبل عروضاً مادية متواضعة مقابل السماح للدول الصناعية بالتخلص من نفاياتها بها ، وتقبض عادة الشركات المتخصصة في تصدير النفايات إلى دول العالم النامي أضعاف ما تحصل عليه الدول النامية التي يتم التخلص من النفايات بها .

الآثار السياسية والبيئية :

لقد كان لتصدير النفايات الصناعية من الدول المتقدمة إلى دول العالم النامي آثار سياسية وبيئية متعددة . فقد أدى هذا النمط من حركة الاستيراد والتصدير فيما بين الدول المختلفة الكثير من الارتباك على المستوى المحلى للعديد من الدول المستوردة والمصدرة .

وقد أدى تصدير النفايات من الدول الصناعية إلى دول العالم النامي إلى انتقاد البرلمان الأوروبي في ستراسبورج لهذه الممارسات ووصفها بأنها غير أخلاقية ومجرمة ، كما أدى عمليات التصدير هذه إلى توتر علاقات بعض الدول النامية مع دول أخرى صناعية على أثر اكتشافها لمحاولات التخلص من النفايات في أراضيها .

بالإضافة إلى الآثار السياسية السابقة ، هناك الكثير من الآثار الصحية والبيئية التي نجمت عن هذه النفايات ، حيث لوحظ ظهور عدد من الحالات المرضية النفسية والعضوية

وانتشار حالات من الذعر والهلع في أوساط السكان ، خاصة بعد ظهر حالات التورم والانتفاخ وبقع الجلد التي عزيت إلى وجود هذه النفايات ، ومن الآثار البيئية ، تلوث مياه البحر الأبيض المتوسط بشكل واسع ورؤية الأسماك الميتة على شواطئ بعض الدول المطلة على البحر المتوسط ، كما لوحظ في جزيرة " كاسا " السياحية بدولة غينيا تلف الأشجار الخضراء ، بفعل النفايات التي تم دفنها في هذه الجزيرة ، هذه فقط مجرد نماذج للأخطار البيئية والصحية للنفايات الصناعية المختلفة .

- ويجب التأكيد على أن التخلص من النفايات الصناعية بدفنها في الأرض أو البحر وخلافه ، يعتبر خطراً محققاً ، حيث تتعاقب أجيال عديدة على استيطان هذا الكون قبل أن تتكشف جميع الآثار خاصة الناتجة عن المخلفات الذرية والنووية التي تظل مشعة لملايين السنين .

ولابد من الإشادة هنا ببعض الجهود الدولية للحد من مأساة تجارة النفايات الصناعية بين الدول المتقدمة والنامية ، فبالإضافة إلى انتقاد البرلمان الأوروبي لها في مناسبات عديدة ، يحاول برنامج الأمم المتحدة لحماية البيئة تبنى فكرة عقد مؤتمرات دولية للتحكم في حركة النفايات الصناعية ، كما اتخذت الدول الأوروبية عدة قرارات للحد من تجارة النفايات ، حيث اشترطت الدول الصناعية الحصول على موافقة مسبقة من

الدول النامية الراغبة في استيراد النفايات الصناعية ، كما أوصت هذه القرارات بضرورة أن تكون لدى هذه الدول المستوردة القدرة على معالجة هذه النفايات حتى تصبح غير ضارة .

والسؤال الذي يجب طرحه هو كيف يتسنى للدول النامية الفقيرة أن تملك هذه القدرة التكنولوجية الخارقة للتخلص من النفايات والتي عجزت عن توفيرها الدول الصناعية ذاتها؟ .

وعلى مستوى الدول النامية ، فقد تبلور إحساس بالخطر في أوساط مختلفة ، ففي مؤتمر القمة الأفريقية الذي عقد في أديس أبابا خلال شهر مايو عام ١٩٨٨م ، عرضت مشكلة النفايات ، وقد اتخذ القرار بحظر استيراد أفريقيا للنفايات الصناعية ، مما يعنى إلزام الحكومات في الدول الصناعية بعدم تصدير نفايات إلى أفريقيا .

أما على مستوى الدول المتقدمة ، فيسود شعور نسبى بالخطأ ، حيث أصدر البرلمان الأوروبي في مايو عام ١٩٨٨م قراراً يوصى بحظر تصدير النفايات الأوروبية إلى دول العالم النامي . وفي شهر يونيو عام ١٩٨٨م أوصى بدعوة الدول الأوروبية إلى تبنى سياسات داخلية تحد من التخلص من النفايات الأوروبية في الدول النامية الفقيرة . وقد اعترضت في حينه كل من بريطانيا وفرنسا ضد تنفيذ هذا القرار ، ومن

الجدير بالذكر ، أنه لا يوجد قانون صريح في كثير من الدول الصناعية كأمريكا واليابان ينص على حظر تصدير النفايات الصناعية إلى الدول النامية .

إن عدم وجود سياسة دولية واضحة نحو تصدير النفايات الصناعية إلى دول العالم النامي قد يؤدى إلى تزايد وصول هذه النفايات إلى هذا الجزء من العالم ، مما يقود إلى القبول بفكرة اعتبار دول الجنوب النامي مرمى لنفايات دول الشمال الصناعي ، لذا نناشد المنظمات الدولية من خلال هيئة الأمم المتحدة من سن التشريعات والقوانين الدولية لحماية إنسان وبيئة العالم النامي من الخطر القادم من العالم الصناعي ، ولابد من التأكيد على ضرورة متابعة البحوث والدراسات في هذا المجال الحيوي ويتم ذلك من خلال التركيز على تحديد المواقع المختلفة في دول العالم النامي التي تم بالفعل التخلص من النفايات بها ، ثم دراسة الآثار الصحية والبيئية التي نشأت عن النفايات ويتم ذلك بواسطة الوسائل التكنولوجية الحديثة مثل الصور الجوية عن طريق الأقمار الصناعية ونظم المعلومات الجغرافية .

وفي هذا الشأن لعبت الدبلوماسية المصرية بنجاح دوراً بارزاً من أجل حماية الدول العربية والأفريقية والحيلولة دون تحولها إلى مدافن دائمة للنفايات الصناعية للدول المتقدمة ، مما كان له عظيم الأثر لدى قادة الشعوب الإفريقية والعربية وتبنيها سياسة مناهضة لهذا العمل .

والآن ، فإن جامعة الدول العربية لابد أن تتبنى سياسة عربية متكاملة لحماية البيئة ومن أجل الدفاع عن حياتنا وحياة الأجيال القادمة من بعدنا .

الخاتمة

أمن الأرض

خلال شهر مايو عام ١٩٩٨،استطاعت دولتا الهند وباكستان من كسر احتكار الدول الكبرى للسلاح النووي . وهذا بلا شك شجاعة أثلجت صدور آلاف الملايين من الناس الذين يقعون تحت سيطرة الدول الكبرى التي تسمح لنفسها وتتستر على "إسرائيل" باحتكار أشد أسلحة الفناء الكامل .

فبالرغم من توقيع العديد من دول العالم على معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية ، نري بين منتصف عام ١٩٤٥ ومنتصف عام ١٩٦٧ قيام خمسة دول بتجارب للأسلحة النووية . وكانت تجاربها حسب ترتيبها الزمني كما يلي: الولايات المتحدة الأمريكية ، الاتحاد السوفيتي "قبل التفكك" ، وبريطانيا العظمي ، وفرنسا ، والصين . وقد جربت كل هذه الدول في تلك الفترة ، باستثناء فرنسا القنابل الهيدروجينية . وفي حين كانت الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي تعدان الصواريخ الاندفاعية لنقل مثل هذه الأسلحة ، فقد حصلت بريطانيا على الصواريخ الأمريكية المخصصة للإطلاق من غواصتها الخاصة التي تسير بالمدفع النووي ، كما طورت فرنسا صواريخها الخاصة بغواصاتها . ويعتمد هذان المنهجان على نظام المحاكاة الأمريكي "بولاريس" . (أنظر الفصل الرابع)

والجدير بالذكر ، أن القنبلة الذرية (القنابل البسيطة) المنشطرة تصنع من عنصر اليورانيوم أو البلوتونيوم ، أما القنبلة الهيدروجينية المندمجة القابلة للاستعمال عسكرياً فتحتاج إلي قنبلة انشطارية نووية التي تعتبر مفجراً لها . إلا أن متوسط الطاقة التي تحررها القنبلة الهيدروجينية أكبر مائة مرة من طاقة القنبلة الذرية . ولذلك ، فإن أهمية امتلاك اليورانيوم ٢٣٥ بالنسبة لأي دولة تمثل لنا امتلاك كل المنابع الأخرى للمواد القابلة للانشطار الذري . ومن المعروف الآن ، أن اليورانيوم ٢٣٥ يفصل من النظائر المشتركة الخواص لليورانيوم الطبيعي ٢٣٨ ، الذي يعتبر فصل ذراته بعضها عن بعض عملية صعبة وطويلة وباهظة التكاليف .

وتمتلك الولايات المتحدة وبعض دول الاتحاد السوفيتي السابق بالإضافة إلي بريطانيا وفرنسا مخزوناً كبيراً من البلوتونيوم واليورانيوم ٢٣٥ المخصص للاستخدام العسكري . ومن ناحية أخرى ، فقد اختارت الصين مباشرة قنبلة اليورانيوم ٢٣٥ التي فجرتها عام ١٩٦٤ وتبعتها بتفجير القنبلة الهيدروجينية عام ١٩٦٧ . وحالياً ، تمتلك الصين صواريخ اندفاعية عابرة القارات . وبناءاً على ذلك ، أصبحت الصين إحدى الدول العظمى دائمة العضوية في مجلس الأمن الدولي .

ومع نجاح الهند وباكستان في تطوير نظام الدفع الصاروخي بعيد المدى أصبح التكاثر النووي بين العديد من

الدول أكثر احتمالاً وبالتالي تم كسر احتكار الدول العظمي لها . ومن الناحية العلمية ، فإن عنصر البلوتونيوم يعتبر مادة صناعية أساسية في كل المفاعلات النووية مهما يكن الغرض منها . ويتشكل هذا العنصر عن طريق أسر النيوترونات في النظائر العديدة لليورانيوم ٢٣٨ ، ولا أهمية لإنتاج البلوتونيوم في مفاعلات الأبحاث ذات الطاقة الضعيفة . ولكن مع سرعة ازدياد إنتاج التيار الكهربائي بواسطة مفاعلات نووية كبرى ، هناك الآن عدد وافر من الدول قادر على إنتاج البلوتونيوم . ومن المعروف لدينا أنه في كل ميجا واط/يوم (أي ٢٤٠٠٠ كيلو واط/ساعة) من الحرارة المستخلصة من وقود المفاعل ينشطر جرام واحد من اليورانيوم ٢٣٥ . ويستبدل جزء من هذا اليورانيوم القابل للانشطار ٢٣٩ الذي يتشكل من الحصول على النيوترونات باليورانيوم ٢٣٨ . وتتأثر كمية البلوتونيوم المشكلة بهذه الطريقة بنموذج المفاعل النووي المستخدم . على سبيل المثال ، تنتج المفاعلات الإنجليزية من نموذج "ماينوكس" التي تستخدم اليورانيوم الطبيعي كوقود ، حوالي ٥٠٠ جرام من البلوتونيوم سنوياً في كل ميجاواط من إنتاجها الكهربائي . وتنتج المفاعلات المعدلة بالماء الطبيعي والتي تستخدم وقوداً مشبعاً باليورانيوم ٢٣٥ ، كمية أقل من البلوتونيوم ، حوالي ٢٠٠ جرام في الميجاواط في السنة . أما المفاعلات المسماة بريدرز والتي تتطور بصورة كبيرة في عدة دول ، فإنها تنتج كمية أقل

بصورة واضحة من البلوتونيوم في الميجاواط –سنة . وهناك جيل جديد من المفاعلات يستخدم فيها البلوتونيوم كوقود .

ومن المعروف أن البلوتونيوم ينبغي أن لا يحتوى على نسبة أعلى مما يجب من البلوتونيوم ٢٤٠ لكي يكون صالحاً للاستخدام العسكري . ويتشكل هذا النظير في المفاعل بالحصول على نيوترون البلوتونيوم ٢٣٩ .

ولإنتاج البلوتونيوم الملائم للاستخدام العسكري ، من المناسب استخراج وقود المفاعل قبل أن ينهي وجوده المنتج للطاقة . وهذا يتطلب زيادة كمية اليورانيوم في المفاعل النووي . ويتكلف إنتاج كمية من عنصر البلوتونيوم تكفي لصنع عدة قنابل نووية في السنة حوالي مائة مليون دولار أمريكي . وإذا ارتبطت هذه العملية بتوليد تيار كهربائي رخيص مخصص للاستخدامات السلمية تصبح التكلفة الصافية للبلوتونيوم لهذا السبب أقل بكثير ، كلما حدد سعراً أعلى للكهرباء المنتجة .

ولفصل البلوتونيوم من اليورانيوم على القضبان المتشععة ينبغي وجود مصنع كيميائي للفصل ، معقد إلي حد ما . وهذه المصانع موجودة في الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا الاتحادية وبريطانيا وفرنسا وفي مدينة "ترومبى" بالهند ، وفي مدينة مول ببلجيكا . والمصنع الأخير هو مصنع أوروبي مشترك .

ويعتبر الحصول على البلوتونيوم الصالح للاستخدام العسكري خطوة أولي في سباق صنع القنابل الذرية . وينبغي أن يكون البلوتونيوم مركباً مع مصدر للنيوترونات لشن التفاعل النووي المتسلسل Nuclear Chain Reaction ومحاط بحشوة متفجرة قوية . وتؤمن عملية الإشعال بجهاز إلكتروني معقد إلي حد كبير ، ومزود بأجهزة للأمن تمنع أي انفجار عارض . ويحتاج مثل هذا المركب للتجربة . وإذا كان البلد المعني بذلك قد أنضم إلي المعاهدة التي تضمنت المنع الجزئي للتجارب الذرية ، فلن يكون بوسعه إجراء هذه التجربة إلا بانفجار تحت سطح الأرض . وتزيد التجربة بهذا الشكل من تكاليف مثل هذه العملية بطريقة لا يمكن تجاهلها أبداً . وإذا أخذنا تجارب الدول النووية الموجودة حالياً كمثل يحتذي ، فإننا نجد أن هذه التجارب باهظة التكاليف ويصل الحد الأدنى للميزانية المطلوبة بما فيها النفقات الضرورية لإعاشة الأفراد الذين يخدمون الأسلحة النووية إلي حوالي ٣٠٠ مليون دولار . وهناك مبالغ أخرى ضخمة تدخل في الحساب إذا كان الهدف أيضاً هو صنع اليورانيوم ٢٣٥ ، أو تركيب القنابل الهيدروجينية وتجربتها .

والجدير بالذكر أن تكلفة المصنع الفرنسي للتوزيع والتشعع تصل إلي حوالي مليارين دولار .

ومن الطبيعي أن لا تفيد القنابل النووية في شئ إذا لم تكن هناك وسائل لنقلها . إن تكاليف أي برنامج نووي عسكري هو

أولاً رأس المال الأولي الضروري لتطوير وإنتاج الأسلحة – وأفراد – ومصنع كيميائي لفصل البلوتونيوم– وقاذفات أو آليات ناقلة للقنبلة وصواريخ بعيدة المدى . ويجب أن نضيف إلي هذا تكاليف البحث والعناية بالطائرات أو الصواريخ . وبالتالي ينبغي علي كل دولة تطمح للحصول علي قوة نووية ليست رمزية أن تستعد لمواجهة مثل هذه النفقات الباهظة .

ومن الممكن بالطبع القيام بتجربة قليلة التكاليف لقنبلة نووية بدائية إلي حد ما لخلق وهم التسلح النووي . ولكن سياسة التضليل في مثل هذا الموضوع ، مع الافتقار إلي جهاز ضروري لنقل الأسلحة ستكون سياسة بالغة الخطورة .

وقد أوحي البعض بإمكان الحصول على الأسلحة النووية بأسعار مخفضة وخصوصاً بشكل أسلحة "راديولوجية" التي لا تتضمن مفجراً نووياً . وتنتج هذه القنابل حتماً مواد انشطار إشعاعي ، وتستطيع القنابل التي يبلغ وزنها أكثر من ميجا طن إحداث تلوث إشعاعي قاتل على مساحة تصل عدة مئات من الكيلومترات المربعة ، مما يجعل هذه المنطقة غير قابلة للسكن خلال مدة طويلة . إن المصدر الوحيد للمواد ذات الإشعاع العالي هي فضلات مواد الانشطار في المفاعلات النووية . وإننا لا نجد أي ميزة عسكرية في انتشار مواد الانشطار بهذه الوسيلة ، إذا ما قورنت بمزايا القنبلة الذرية . وتشكل مسائل

حماية مواد الانشطار أثناء نقلها بالطائرة أو في الصواريخ قبل إطلاقها معضلة كبيرة .

ومن المؤسف الآن أن هناك دولاً عديدة في العالم تستطيع تمويل صناعة الأسلحة النووية والحصول على جهاز لنقلها بشكل جيد - خصوصاً إذا ما توصلت إلي الاقتناع بأن أمنها القومي مرتبط بمثل هذه الأسلحة ، وإذا ما تصورت أن بوسعها تحقيق وفر في قطاعات أخرى من الميزانية العسكرية . وبالرغم أن وجود أفراد على درجة من الكفاءة العلمية أمر ضروري لمثل هذه الصناعة ، وأن التكنولوجيا الملائمة لمثل هذه الصناعة ليست شائعة ومتوفرة على كل حال وخصوصاً بالنسبة لإنتاج اليورانيوم ٢٣٥ ، إلا أنه رغم هذا ليس هناك "سر" لا يمكن أن تصل إليه دولة صناعية مصممة على تحقيق ما يتطلبه هذا المنهاج من الأبحاث والتقدم التقنيين . ومن المتوقع أن تعداد الدول التي ستكون راغبة في الحصول على الأسلحة النووية خلال السنوات القليلة القادمة سيكون كبيراً خاصة بعد نجاح التجارب النووية في الهند وباكستان ، لأن ذلك مرتبط بكثير من العوامل السياسية والاقتصادية .

وتمارس لعبة التحالفات والصراعات أثراً مقيداً طوراً وأثراً دافعاً طوراً أخر . وأخشى ما نخشاه على المستوي العالمي هو حدوث رد فعل متسلسل بحصول دول جديدة على أسلحة نووية يدفع دولاً أخرى إلي تقليدها ومحاكاتها .

وستزداد خطورة حرب نووية تشمل جزءاً كبيراً من العالم بالضرورة مع ازدياد عدد الدول المالكة للأسلحة النووية . ويزداد هذا الخطر تفاقماً بالخوف من أن يصبح بوسع دول صغيرة تطوير جهاز التوجيه والضبط بقدر دقة الجهاز الذي توصلت إليه الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً . ويشتمل مثل هذا الجهاز على تقنية كاملة للأمن من شأنها منع انطلاق القنابل وتفجيرها بسبب معلومات خاطئة ، وأعمال غير مسئولة أو أخطاء ميكانيكية . ويزيد الافتقار إلي مثل هذه الأجهزة مخاطر حرب نووية إلي حد كبير قد تتشب "بشكل عارض" .

وهناك عامل أخر مهم يتعلق ببعض الدول ، وهو إمكانية نجاح بعض الحكومات التي تتمتع بالإحساس بعظمة مثل هذه المسئوليات في صنع القنابل النووية أو وجود هذه الأسلحة بين أيدي ثورات تجلب إلي السلطة رجالاً لن يتوانوا عن استخدام مثل هذا السلاح . ولدينا أمثلة عديدة عن مثل هذه الدول ومن أهمها "إسرائيل" وما تمثله من تهديد نووي لدول الجوار العربية ، والهند وباكستان ، والكوريتان الجنوبية والشمالية ، وإيران ، والأرجنتين والبرازيل . ومع امتلاك هذه الدول للقنابل النووية ستتفاقم حدة الصراعات وخطورتها على الأمن العالمي .

في الماضي كانت مخاطر وتكاليف تعدد امتلاك الأسلحة النووية معروفة بصورة كافية ، وكانت الدول النووية على اتفاق كافٍ ، وكانت المطامح العسكرية للدول المالكة للقنبلة محتواه .

بما فيه الكفاية ، لكي تجعل من الممكن إجراء مفاوضات دولية جدية حول مشروع معاهدة عدم الانتشار النووي . وقد قدم الألمان اعتراضين حول هذه المعاهدة وهما :

الأول : متعلق بتطوير البرامج النووية المدنية التي ستتأثر بمعاهدة عدم التكاثر وفي الحقيقة ، فإن توزيع الطاقة النووية يتتابع بسرعة في إيطاليا واليابان وألمانيا ذاتها والهند وباكستان بواسطة تسويات تجارية بحتة مع الصناعة الأمريكية والبريطانية والكندية . في حين تتقدم برامج تنمية محلية كاملة بصورة رائعة في بلدان أخرى .

والثاني : يتعلق بالرقابة ، فسوف تتخذ تدابير الأمن التي تستهدف تجنب استخدام البلوتونيوم لأغراض عسكرية من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية .I.A.F.A ، بالنسبة لليابان والهند وباكستان ، بينما ستتخذ اليوروأتوم (Euroatom) الجناح النووي للسوق الأوروبية المشتركة تطوير التكنولوجيا النووية في دول الأوروبية . وفي هذه الحالة تخضع المفاعلات النووية للتفتيش ، دون إنذار مسبق عند الحاجة ، بشكل يكشف فيه كل ارتفاع غير عادي في معدل استهلاك الوقود أي إجراءات مشبوهة أخرى . ولا تستطيع الدولة المعنية استخدام البلوتونيوم الذي

تملكه لأغراض عسكرية إلا بخرق الاتفاقات الدولية وعلى مرأي من العالم كله .

وتعتبر وكالة الطاقة الذرية الدولية ، التي تضم كل بلدان الشرق والغرب التي تتمتع بأهمية نووية حقيقية ، الجهاز المعين للأشراف ومراقبة تطبيق المعاهدة الدولية لعدم الانتشار النووي . ولقد أنشئت هذه الوكالة الدولية عام ١٩٥٦ بهدف محدد هو وضع الخدمات السلمية للطاقة النووية تحت تصرف الجميع وبدون استثناء ، مع عدم تحول المساعدة والمواد المعطاة لآية دولة من الدول إلي تطبيقات عسكرية .

ويعترض الألمان على هذا بأن التفتيش تحت أشراف وكالة الطاقة الذرية الدولية سيضع بعض الأسرار التجارية للطاقة النووية في متناول الخبراء الأجانب ، ولا يستند هذا إلي مبرر . فغالباً ما تنشر تفاصيل المفاعلات النووية في الصحافة التكنولوجية فور استخدامها . ولا أهمية للسر التجاري إلا في مرحلة التصميم والبناء . وفي هاتين المرحلتين اللتين لا يعمل فيها المفاعل النووي من الطبيعي أن لا يكون هناك أي أشراف أو رقابة . وحتى عندما يكون لدي إحدى الدول أسباب معقولة للمحافظة على أسرارها بعد تشغيل المفاعل ، فإن قوانين وكالة الطاقة الدولية تعطيها الحق المطلق برفض أي تفتيش يبدو لها أن نزاهته أو علاقاته التجارية موضع شك وريبة .

وهناك اعتراض ثالث يتعلق بأن الانفجارات النووية لها أهمية كبرى في الأعمال المدنية مثل حفر القنوات والموانئ أو الخزانات العملاقة وكذلك عمليات التنقيب ... الخ . وستصبح البلدان المحرومة من الانفجارات النووية سيئة الحظ في مثل هذه الأعمال .

وهناك اعتراض سياسي عام لمعاهدة عدم التعدد النووي هو التالي " لا تستطيع الدول النووية الموجودة أن تطلب من الدول التي لا تملك سلاحاً نووياً أن تكون الوحيدة في عمل شئ ما للتقليل من خطر حرب نووية . وأن التوريط الحتمي القائل بأن لبعض الدول الحق بالأسلحة النووية لأسباب تاريخية توريط من الصعب أن تقبله الدول الأخرى . ويقال بناء على هذا ، بأن على الدول النووية أن تعطي المثل بتخفيض مخزونها من المواد القابلة للانشطار ومخزونها من الأسلحة النووية خصوصاً إذا كان هناك اعتقاد بأنها تملك الآن أكثر مما يجب لتدمير الكرة الأرضية . ولكن ما نخشاه أن يكون الاتجاه الحالي هو العكس تماماً ويتمثل في تشجيع وتمويل الدول الكبرى للمشاريع النووية للدول الحليفة لها وكذلك إمدادها بالمواد النووية ووسائل النقل بهدف إخضاع باقي الدول لإرادتها والسير في فلكها .

ومن توصيات الندوة العربية الثانية للقانون الدولي الإنساني والرقابة على الأسلحة ، بما في ذلك أسلحة الدمار الشامل التي عقدت في مقر جامعة الدول العربية بالقاهرة يومي ٢٤و٢٥

يونيو ١٩٩٩م ، مدى القلق الشديد للمؤتمرين إزاء وجود وانتشار الأسلحة النووية بالمنطقة . وبالرغم من وجود قانون دولي يحرم انتشار تلك الأسلحة ، إلا أن امتلاك إسرائيل للسلاح النووي يهدد ويخل بالتوازن الإستراتيجي في منطقة الشرق الأوسط . بل أن امتناع إسرائيل حتى الآن عن الانضمام إلي المعاهدة الدولية والتي تمنع انتشار هذا السلاح النووي يشكل بالطبع خطورة كبيرة على الأمن القومي العربى .

وفي ظل إتباع سياسة المعايير المزدوجة للدول الراعية لهذه الاتفاقيات والكيل بمكيالين امتنعت كل من الهند وباكستان للانضمام إلي هذه المعاهدة المذكورة واتبعها تفجيراتهما النووية عام ١٩٩٨م وانضمامهما رسمياً إلي النادي النووي العالمي . مما يشكل تكاثراً نووياً ويدعو دول كثيرة لحذو حذوهما . وبالرغم من أن أحد نصوص الاتفاقية يقر بحماية الدول التي لا تملك السلاح النووي في حالة تعرضها لهجوم نووي مباغت ، إلا أن هناك شكوك حول إمكانية تنفيذ هذا البند لأسباب عديدة نذكر منها ترابط المصالح . فمن لا يملك قد لا يفيده الاستنجاد بأحد لإنقاذه! .

والجدير بالذكر أن هناك قانون دولي جديد سوف يصدر لتجريم ومنع انتشار الأسلحة الكيميائية في محاولة من الدول الكبرى للحد من انتشار تلك الأسلحة الفتاكة . وترتبط هذه المعاهدة الجديدة بعقوبات رادعة للدول التي ترفض الانضمام

لهذه المعاهدة وحرمانها من استيراد ما يلزمها من المواد الكيميائية خاصة تلك المواد الصيدلية التي تستعمل في إنتاج الدواء . مما يسبب اضطراباً في أسواق الدواء بها وعقاب الشعوب حتى تذعن قيادتها لتلك المعاهدات .

وإذا عدنا بالذاكرة للسنوات القليلة الماضية خاصة في عام ١٩٩٤م وأثناء محاولة الولايات المتحدة الأمريكية تشجيع دول العالم على الانضمام لمعاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية ناشدت في حينه القيادة السياسية المصرية العالم في دعوة هامة بضرورة إخلاء منطقة الشرق الأوسط من أي من أسلحة الدمار الشامل النووية والكيميائية والجرثومية . في ذلك الشأن نرى تغاضي الدول الكبرى عن امتلاك إسرائيل وتطويرها للرؤوس النووية التي يقدر عددها بأكثر من مائتي رأس نووي بالإضافة إلي تطويرها للصواريخ حاملة الرؤوس النووية بعيدة المدى . في حين تعمل هذه الدول للحيلولة دون امتلاك أي من الدول العربية إمكانيات لتنمية قدرتها النووية التي تستخدم في الأغراض السلمية . وهذا بالطبع يثير الشكوك حول جدية مثل هذه الاتفاقيات . فهل بذلك تدار الأمور؟ .

والسؤال المطروح الآن: هل حقيقة تستطيع الولايات المتحدة الأمريكية وفي ظل النظام العالمي الجديد من سن القوانين المحرمة لإنتاج أسلحة الدمار الشامل بأنواعها وإلزام جميع الدول للانضمام إليها؟ وحتى إن تمكنت من ذلك فهل

يمكنها فعل الشيء نفسه مع المنظمات الإرهابية الدولية المتطرفة وإرغامها على الإذعان لهذه القوانين! وما هو المقابل! فكما نعلم أن هذه المنظمات لديها من الإمكانيات والقدرات المادية والعلمية ما يؤهلها لامتلاك أنواع محددة من أسلحة الدمار الشامل . هذه المنظمات تحارب من أجل عقائدها ومذاهبها السياسية والفكرية والثقافية . ولعلنا نتذكر ما قامت به إحدى هذه المنظمات الإرهابية من تسريب غاز السارين السام في إحدى محطات مترو الأنفاق بمدينة طوكيو باليابان وإصابة أكثر من خمسة آلاف مواطن . والأدهى من ذلك هو اكتشاف البوليس الياباني في حينه لمستودعات هائلة من الغازات السامة معدة للاستعمال .

والآن لم يعد السلاح النووي سراً وتستطيع هذه المنظمات الإرهابية الدولية التعامل معه وإنتاجه . وفي الوقت الحالي أصبح من الممكن إنتاج رأس نووي يمكن نقله مفككاً إلي عدة أجزاء ويعاد تجميعها وتفجيرها بواسطة نظم الاستشعار عن بعد في أي مكان في العالم حتى في قلب عواصم الدول الكبرى ذاتها ، مما يهدد الأمن والسلم العالمي بالخطر الداهم وهو للتدمير الشامل .

والمثير للقلق هو اتجاه بعض عناصر من الجيوش النظامية المدربة جيداً خاصة الجيش اليوغوسلافي (بعد خروجه مهزوماً من إقليم كوسوفو وبعد حركة التطهير العرقي والمذابح التي

أرتكبها في حق المسلمين من أهل الإقليم) إلي العمل السري والقيام بعمليات إرهابية انتقاماً من دول التحالف الغربي . فهل تسعى المنظمات الإرهابية إلي اغتنام الفرصة وتوطيد علاقتها مع عناصر هذا الجيش وتهديد السلام العالمي باستعمال هذه الأسلحة الفتاكة .

فلا يمكن أن يحل السلام العالمي في ظل إتباع سياسة الإذعان والتلويح بالعقوبات للدول الصغرى . هذه السياسة لا تجدي دائماً في ظل وجود الإرهاب المنظم وهو الخطر الأكبر . من هنا لابد من إيجاد صيغة دولية للتعايش السلمي ورعاية مصالح جميع الدول الكبير منها والصغير القوي منها والضعيف . لابد من وضع وإرساء قواعد للعدل والمساواة بين الشعوب ونبذ سياسة التوسع والاستيطان والتدخل في الشئون الداخلية للدول ، لابد أن يحل أسلوب الحوار بدلاً من أسلوب الدمار في معالجة الشئون الدولية .

والخلاصة :

لابد من إعادة النظر في معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية الحالية بما يراعى قضايا الأمن لجميع الدول ، حيث أن الازدياد الكمي للأسلحة النووية يتضمن من مخاطر التهديد أكثر من احتمال تطويرها . ومن المؤكد أن تطوير القنابل النووية وتكاثرها بين الدول سوف يصعب السيطرة عليه في المستقبل وقد خلق الاعتياد على سير الأمور بهذا الشكل نوعاً من التحرك

الطليق وتعلم العالم كما تعلم حكامه "الحياة مع القنبلة" ورغم هذا فإن ماعشناه حتى الآن خلال عدد قليل من السنين وهو زمن أقل مما يجب ليكون مرجعاً أو سابقة هو الجزء المرئي من السباق على التسليح النووي الذي سيصبح ساحقاً أكثر فأكثر إذا لم تتخذ بعض التدابير العقلانية بسرعة لإيقافه . وتوفير النفقات الباهظة في مجال إنتاج أسلحة الدمار الشامل بكافة أنواعها لصالح خطط التنمية . إن هذا الاتجاه يسمح بمضاعفة ميزانيات الصحة والتعليم وغير ذلك من الخدمات ذات الأهمية القصوى في الدول الفقيرة والنامية . كما أنه سيكون في صالح الأمن البيئي للأرض وحمايتها من أخطر أشكال التلوث وتدمير القدرة الإنتاجية .

ومن أجل ذلك ، ندعو قادة العالم من سياسيين وخبراء ومفكرين وجميع المحبين للسلام لجميع الدول من أجل عقد مؤتمر دولي تحت رعاية الأمم المتحدة كما نادت دائماً القيادة السياسية المصرية للبحث عن سبيل لإخلاء وتنظيف العالم من أسلحة الدمار الشامل وتقويض الإرهاب النووي وغير النووي ووضع قانون أخلاقي لحماية أمن الأرض لتظل بيتاً سعيداً لنا وللأجيال القادمة من بعدنا .

إصدارات للمؤلف

١ – "أشعة الليزر والحياة المعاصرة" الناشر : الهيئة المصرية العامة للكتاب ، عام ١٩٩٠م .

٢ – "الليزر الأشعة الساحرة" الناشر دار المعارف سلسلة أقرأ عدد ٦٠٨ مايو ١٩٩٦م .

٣ – "أسلحة الدمار الشامل" الناشر دار المعارف سلسلة أقرأ عدد ٦١١ سبتمبر ١٩٩٦م .

٤ – "فيزياء وتطبيقات البلورات السائلة" سلسلة كراسات علمية الناشر مكتبة الأكاديمية فبراير ١٩٩٨م .

٥ – "العرب وأسرار الحرب الخفية" الناشر دار المعارف المصرية سلسلة اقرأ عدد ٦٢٥ أكتوبر ١٩٩٨م .

٦ – عرض كتاب بعنوان "فيزياء المواد الرخوة– انطباعات علمية وثقافية" تأليف الأستاذ الدكتور / ب. ج . دى جين الحاصل على جائزة نوبل في الفيزياء ، يناير ١٩٩٩م ، المكتبة الأكاديمية – سلسلة كراسات عروض .

٧ – "الليزر قوة خارقة من شعاع ساحر" الناشر دار المعارف المصرية سلسلة حكايات علمية فبراير ١٩٩٩م .

٨ – "مستقبل العلم" الناشر دار المعارف سلسلة أقرأ عدد ٦٤٧ نوفمبر ١٩٩٩م .

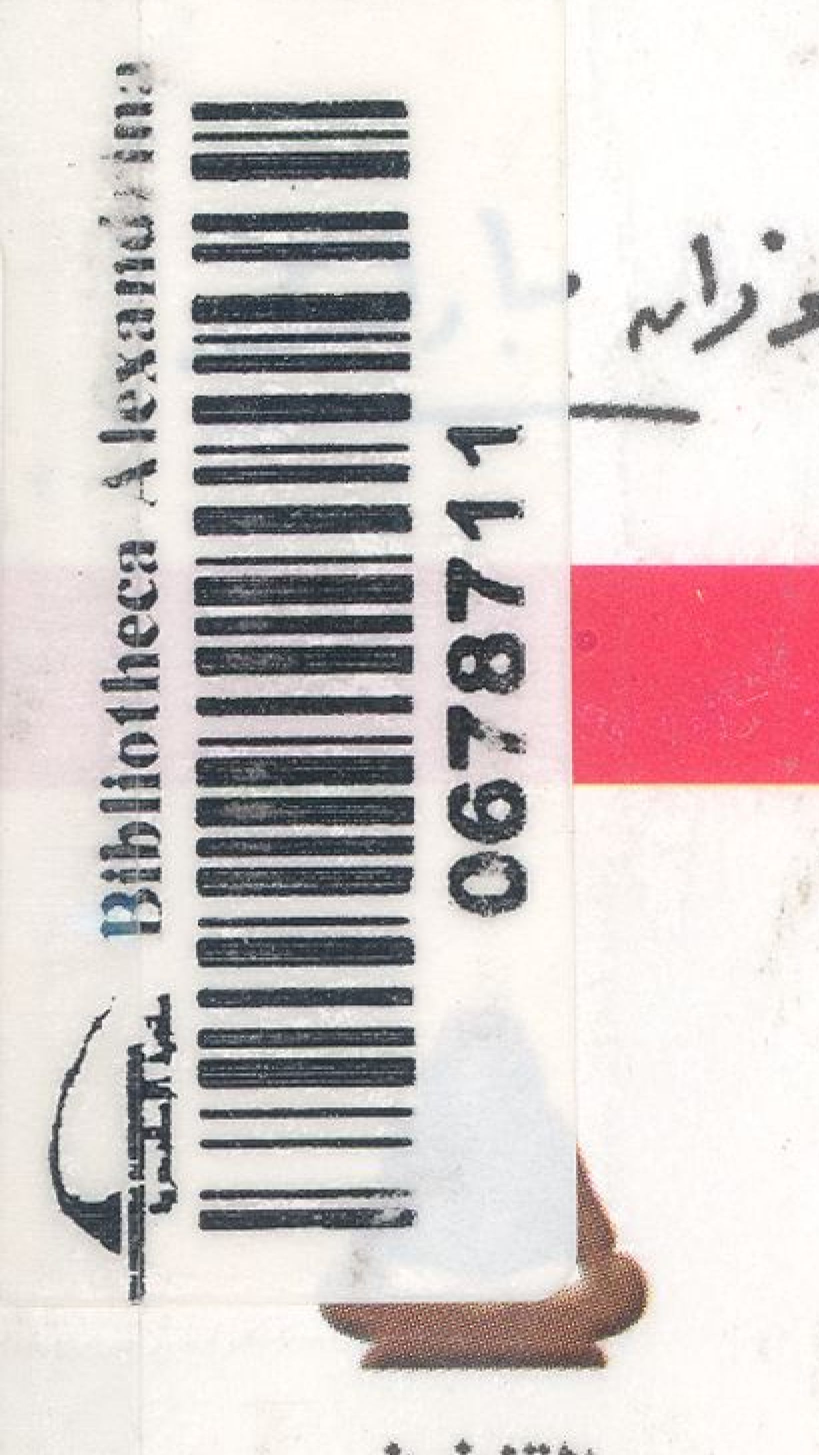
٩ - "دنيا الفيزياء" الناشر مكتبة الأكاديمية – سلسلة كراسات علمية– يناير ٢٠٠٠م .
١٠- "دفتر أحوال الجامعات المصرية" الناشر مكتبة الأكاديمية – سلسلة كراسات عروض– يناير ٢٠٠١م .
١١- "الغطرسة المميتة.. الخطأ البشري والتكنولوجيات الخطرة" الناشر مكتبة الأكاديمية – سلسلة كراسات عروض يناير ٢٠٠١م .
١٢- "نظرية كل شئ" سلسلة عروض– الناشر مكتبة الأكاديمية – سلسلة كراسات عروض– يناير ٢٠٠٢م .

مطابع الهيئة المصرية
العامة للكتاب



وبعد أكثر من عشرة أعوام من عمر مكتبة الأسرة
نستطيع أن نؤكد أن جيلاً كاملاً من شباب مصر نشأ
على إصدارات هذه المكتبة التى قدمت خلال الأعوام
الماضية ذخائر الإبداع والمعرفة المصرية والعربية
والإنسانية النادرة وتقدم فى عامها الحادى عشر
المزيد من الموسوعات الهامة إلى جانب روافد الإبداع
والفكر زاداً معرفياً للأسرة المصرية وعلامة فارقة فى
مسيرتها الحضارية.

سوزان مبارك



التنفيذ
الهيئة المصرية العامة للكتاب

الثمن ١٥٠ قرش